(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年3月25日(25.03.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/054436 A1

(51) 国際特許分類:
E02F 3/43 (2006.01) *E02F 9/26* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/035425

(22) 国際出願日： 2020年9月18日(18.09.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-169178 2019年9月18日(18.09.2019) JP

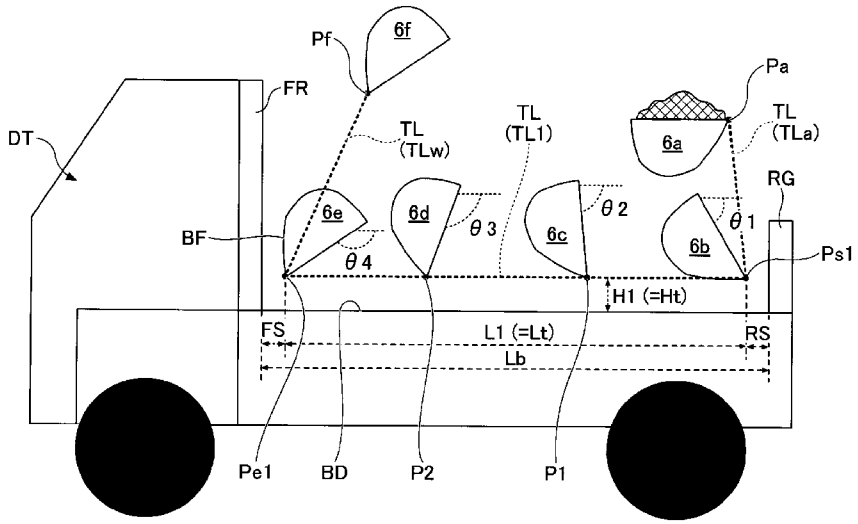
(71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 呉 春男(WU, Chunnan); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 佐野 裕介(SANO, Yusuke); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 山本 泰広(YAMAMOTO, Yasuhiro); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 井辻 孔康(ITSUJI, Yoshiyasu); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP). 平沼 一則(HIRANUMA, Kazunori); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).

(54) **Title:** EXCAVATOR

(54) 発明の名称： ショベル

[図7A]



(57) **Abstract:** An excavator (100) having a lower travel body (1), an upper turning body (3) mounted on the lower travel body (1) so as to be capable of turning, and a controller (30) provided to the upper turning body (3). The controller (30) is configured so as to recognize the position of a dump truck (DT) and generate a target trajectory (TL) relating to a soil discharge operation. The target trajectory (TL) is typically set along the longitudinal direction of the dump truck (DT). Moreover, the target trajectory (TL) is typically set at a prescribed height along the bottom surface of the load bed (BD)

WO 2021/054436 A1

[続葉有]

(74) 代理人：伊東 忠重，外(ITOH, Tadashige et al.)；〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

— 補正された請求の範囲（条約第19条(1)）

of the dump truck (DT).

(57) 要約：ショベル（１００）は、下部走行体（１）と、下部走行体（１）に旋回可能に搭載された上部旋回体（３）と、上部旋回体（３）に設けられたコントローラ（３０）と、を有する。コントローラ（３０）は、ダンプトラック（ＤＴ）の位置を認識して放土動作に関する目標軌道（ＴＬ）を生成するように構成されている。目標軌道（ＴＬ）は、典型的には、ダンプトラック（ＤＴ）の前後方向に沿って設定される。また、目標軌道（ＴＬ）は、典型的には、ダンプトラック（ＤＴ）の荷台（ＢＤ）の底面に沿って所定の高さに設定される。

明　細　書

発明の名称 ： ショベル

技術分野

[0001]　本開示は、ショベルに関する。

背景技術

[0002]　従来、半自律的掘削制御システムを搭載した油圧掘削機が知られている（特許文献１参照。）。この掘削制御システムは、所定の条件が満たされた場合に、ブーム上げ旋回動作を自律的に実行するように構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表２０１１－５１４４５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、上述の掘削制御システムは、放土動作については、手動で行われることを前提としている。そのため、上述の掘削制御システムは、放土動作の効率を高めることができない。

[0005]　そこで、放土動作を自律的に実行できるショベルを提供することが望ましい。

課題を解決するための手段

[0006]　本発明の実施形態に係るショベルは、下部走行体と、前記下部走行体に旋回可能に搭載された上部旋回体と、前記上部旋回体に設けられた制御装置と、を有し、前記制御装置は、ダンプトラックの位置を認識して放土動作に関する目標軌道を生成するように構成されている。

発明の効果

[0007]　上述の手段により、放土動作を自律的に実行できるショベルが提供される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]本発明の実施形態に係るショベルの側面図である。

[図1B]本発明の実施形態に係るショベルの上面図である。

[図2]ショベルに搭載される油圧システムの構成例を示す図である。

[図3A]アームシリンダの操作に関する油圧システムの一部の図である。

[図3B]旋回用油圧モータの操作に関する油圧システムの一部の図である。

[図3C]ブームシリンダの操作に関する油圧システムの一部の図である。

[図3D]バケットシリンダの操作に関する油圧システムの一部の図である。

[図4]コントローラの機能ブロック図である。

[図5]自律制御機能のブロック図である。

[図6]自律制御機能のブロック図である。

[図7A]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図7B]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図7C]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図7D]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の背面図である。

[図8A]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図8B]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図8C]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図8D]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図8E]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図9A]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図9B]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図9C]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図9D]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図9E]放土動作が行われるときのダンプトラックの荷台の側面図である。

[図10]自律制御機能の別の構成例を示すブロック図である。

[図11]電気式操作システムの構成例を示す図である。

[図12]ショベルの管理システムの構成例を示す概略図である。

[図13]ショベルの「掘削・積込み動作」の作業流れを説明する説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] 最初に、図１Ａ及び図１Ｂを参照して、本発明の実施形態に係る掘削機としてのショベル１００について説明する。図１Ａはショベル１００の側面図であり、図１Ｂはショベル１００の上面図である。

[0010] 本実施形態では、ショベル１００の下部走行体１はクローラ１Ｃを含む。クローラ１Ｃは、下部走行体１に搭載されている走行用油圧モータ２Ｍによって駆動される。具体的には、クローラ１Ｃは左クローラ１ＣＬ及び右クローラ１ＣＲを含む。左クローラ１ＣＬは左走行用油圧モータ２ＭＬによって駆動され、右クローラ１ＣＲは右走行用油圧モータ２ＭＲによって駆動される。

[0011] 下部走行体１には旋回機構２を介して上部旋回体３が旋回可能に搭載されている。旋回機構２は、上部旋回体３に搭載されている旋回用油圧モータ２Ａによって駆動される。但し、旋回用油圧モータ２Ａは、電動アクチュエータとしての旋回用電動発電機であってもよい。

[0012] 上部旋回体３にはブーム４が取り付けられている。ブーム４の先端にはアーム５が取り付けられ、アーム５の先端にはエンドアタッチメントとしてのバケット６が取り付けられている。ブーム４、アーム５、及びバケット６は、アタッチメントの一例である掘削アタッチメントＡＴを構成する。ブーム４はブームシリンダ７で駆動され、アーム５はアームシリンダ８で駆動され、バケット６はバケットシリンダ９で駆動される。

[0013] ブーム４は、上部旋回体３に対して上下に回動可能に支持されている。そして、ブーム４にはブーム角度センサＳ１が取り付けられている。ブーム角度センサＳ１は、ブーム４の回動角度であるブーム角度β_1を検出できる。ブーム角度β_1は、例えば、ブーム４を最も下降させた状態からの上昇角度である。そのため、ブーム角度β_1は、ブーム４を最も上昇させたときに最大となる。

[0014] アーム５は、ブーム４に対して回動可能に支持されている。そして、アーム５にはアーム角度センサＳ２が取り付けられている。アーム角度センサＳ２は、アーム５の回動角度であるアーム角度β_2を検出できる。アーム角度β_2は、例えば、アーム５を最も閉じた状態からの開き角度である。そのため、アーム角度β_2は、アーム５を最も開いたときに最大となる。

[0015] バケット６は、アーム５に対して回動可能に支持されている。そして、バケット６にはバケット角度センサＳ３が取り付けられている。バケット角度センサＳ３は、バケット６の回動角度であるバケット角度β_3を検出できる。バケット角度β_3は、バケット６を最も閉じた状態からの開き角度である。そのため、バケット角度β_3は、バケット６を最も開いたときに最大となる。

[0016] 図１Ａ及び図１Ｂに示す実施形態では、ブーム角度センサＳ１、アーム角度センサＳ２、及びバケット角度センサＳ３のそれぞれは、加速度センサとジャイロセンサの組み合わせで構成されている。但し、ブーム角度センサＳ１、アーム角度センサＳ２、及びバケット角度センサＳ３のそれぞれは、加速度センサのみで構成されていてもよい。また、ブーム角度センサＳ１は、ブームシリンダ７に取り付けられたストロークセンサであってもよく、ロータリエンコーダ、ポテンショメータ、又は慣性計測装置等であってもよい。アーム角度センサＳ２及びバケット角度センサＳ３についても同様である。

[0017] 上部旋回体３には、運転室としてのキャビン１０が設けられ、且つ、１又は複数の動力源が搭載されている。本実施形態では、上部旋回体３には動力源としてのエンジン１１が搭載されている。また、上部旋回体３には、物体検知装置７０、撮像装置８０、機体傾斜センサＳ４、及び旋回角速度センサＳ５等が取り付けられている。キャビン１０の内部には、操作装置２６、コントローラ３０、表示装置Ｄ１、及び音出力装置Ｄ２等が設けられている。なお、本書では、便宜上、上部旋回体３における、掘削アタッチメントＡＴが取り付けられている側を前側とし、カウンタウェイトが取り付けられている側を後側とする。

[0018] 物体検知装置７０は、空間認識装置の一例であり、ショベル１００の周囲

に存在する物体を検知するように構成されている。物体は、例えば、人、動物、車両、建設機械、建造物、壁、柵、又は穴等である。物体検知装置７０は、例えば、超音波センサ、ミリ波レーダ、ステレオカメラ、ＬＩＤＡＲ、距離画像センサ、又は赤外線センサ等である。本実施形態では、物体検知装置７０は、キャビン１０の上面前端に取り付けられた前センサ７０Ｆ、上部旋回体３の上面後端に取り付けられた後センサ７０Ｂ、上部旋回体３の上面左端に取り付けられた左センサ７０Ｌ、及び、上部旋回体３の上面右端に取り付けられた右センサ７０Ｒを含む。各センサは、ＬＩＤＡＲで構成されている。

[0019] 物体検知装置７０は、ショベル１００の周囲に設定された所定領域内の所定物体を検知するように構成されていてもよい。すなわち、物体検知装置７０は、物体の種類を識別できるように構成されていてもよい。例えば、物体検知装置７０は、人と人以外の物体とを区別できるように構成されていてもよい。物体検知装置７０は、物体検知装置７０又はショベル１００から認識された物体までの距離を算出するように構成されてもよい。

[0020] そして、アクチュエータが動作する前に空間認識装置（物体検知装置７０）によりショベル１００から所定の距離の範囲（所定範囲）内に人が存在すると判断された場合には、コントローラ３０は、既に動作指令を出力していたとしても、アクチュエータを動作不能、若しくは、微速状態にしてもよい。アクチュエータは、例えば、油圧アクチュエータ又は電動アクチュエータ等である。油圧アクチュエータは、例えば、ブームシリンダ７、アームシリンダ８、及びバケットシリンダ９等である。

[0021] 具体的には、所定範囲内に人が存在すると判断した場合、コントローラ３０は、パイロット回路に配置された切換弁（ゲートロック弁等）をロック状態にすることでアクチュエータを動作不能にすることができる。電気式の操作レバーの場合には、コントローラ３０から操作用制御弁への信号を無効にすることで、コントローラ３０は、アクチュエータを動作不能にすることができる。アクチュエータを微速状態にする場合には、コントローラ３０は、

例えば、コントローラ３０から操作用制御弁への信号を小さくすればよい。このように、所定範囲内に人が存在すると判断した場合、コントローラ３０は、動作指令を既に生成していたとしても、アクチュエータを駆動させない、若しくは、微速で駆動させるようにする。更に、操作者が操作レバーを操作しているときに所定範囲内に人が存在すると判断した場合には、コントローラ３０は、操作者の操作にかかわらずアクチュエータの動作を停止、若しくは、減速させてもよい。具体的には、所定範囲内に人が存在すると判断した場合、コントローラ３０は、パイロット回路に配置された切換弁（ゲートロック弁等）をロック状態にすることでアクチュエータを停止させる。操作用制御弁を用いる場合には、コントローラ３０は、操作用制御弁への信号を無効にすること、若しくは、操作用制御弁に減速指令を出力することで、アクチュエータを動作不能或いは微速状態にすることができる。なお、操作用制御弁は、コントローラ３０からの制御指令に対応するパイロット圧を出力し、コントロールバルブユニット１７内における対応する制御弁のパイロットポートにそのパイロット圧を作用させるように構成されている。また、物体検知装置７０によって検知された物体がダンプトラックである場合には、コントローラ３０は、停止制御を実行する必要は無い。この場合、コントローラ３０は、検知されたダンプトラックを回避するようにアクチュエータの動きを制御してもよい。このように、コントローラ３０は、検知された物体の種類に基づいて、アクチュエータの動きを適切に制御することができる。

[0022] 撮像装置８０は、ショベル１００の周囲を撮像するように構成されている。本実施形態では、撮像装置８０は、上部旋回体３の上面後端に取り付けられた後カメラ８０Ｂ、キャビン１０の上面前端に取り付けられた前カメラ８０Ｆ、上部旋回体３の上面左端に取り付けられた左カメラ８０Ｌ、及び、上部旋回体３の上面右端に取り付けられた右カメラ８０Ｒを含む。

[0023] 後カメラ８０Ｂは後センサ７０Ｂに隣接して配置され、前カメラ８０Ｆは前センサ７０Ｆに隣接して配置され、左カメラ８０Ｌは左センサ７０Ｌに隣接して配置され、且つ、右カメラ８０Ｒは右センサ７０Ｒに隣接して配置さ

れている。

[0024] 撮像装置８０が撮像した画像は、表示装置Ｄ１に表示される。撮像装置８０は、俯瞰画像等の視点変換画像を表示装置Ｄ１に表示できるように構成されていてもよい。俯瞰画像は、例えば、後カメラ８０Ｂ、左カメラ８０Ｌ、及び右カメラ８０Ｒのそれぞれが出力する画像を合成して生成される。

[0025] 撮像装置８０は、物体検知装置７０として利用されてもよい。この場合、物体検知装置７０は省略されてもよい。

[0026] 機体傾斜センサＳ４は、所定の平面に対する上部旋回体３の傾斜を検出するように構成されている。本実施形態では、機体傾斜センサＳ４は、仮想水平面に関する上部旋回体３の前後軸回りの傾斜角及び左右軸回りの傾斜角を検出する加速度センサである。上部旋回体３の前後軸及び左右軸は、例えば、互いに直交してショベル１００の旋回軸上の一点であるショベル中心点を通る。

[0027] 旋回角速度センサＳ５は、上部旋回体３の旋回角速度を検出するように構成されている。本実施形態では、旋回角速度センサＳ５は、ジャイロセンサである。旋回角速度センサＳ５は、レゾルバ又はロータリエンコーダ等であってもよい。旋回角速度センサＳ５は、旋回速度を検出してもよい。旋回速度は、旋回角速度から算出されてもよい。

[0028] 以下では、ブーム角度センサＳ１、アーム角度センサＳ２、バケット角度センサＳ３、機体傾斜センサＳ４、及び旋回角速度センサＳ５のそれぞれは、姿勢検出装置とも称される。

[0029] 表示装置Ｄ１は、情報を表示する装置である。音出力装置Ｄ２は、音を出力する装置である。操作装置２６は、操作者がアクチュエータの操作のために用いる装置である。

[0030] コントローラ３０は、ショベル１００を制御するための制御装置である。本実施形態では、コントローラ３０は、ＣＰＵ、揮発性記憶装置、及び不揮発性記憶装置等を備えたコンピュータで構成されている。そして、コントローラ３０は、各機能に対応するプログラムを不揮発性記憶装置から読み出し

て揮発性記憶装置にロードし、対応する処理をＣＰＵに実行させる。各機能は、例えば、操作者によるショベル１００の手動操作をガイド（案内）するマシンガイダンス機能、及び、操作者によるショベル１００の手動操作を自動的に支援するマシンコントロール機能を含む。

[0031] 次に、図２を参照し、ショベル１００に搭載される油圧システムの構成例について説明する。図２は、ショベル１００に搭載される油圧システムの構成例を示す図である。図２は、機械的動力伝達ライン、作動油ライン、パイロットライン、及び電気制御ラインをそれぞれ二重線、実線、破線、及び点線で示している。

[0032] ショベル１００の油圧システムは、主に、エンジン１１、レギュレータ１３、メインポンプ１４、パイロットポンプ１５、コントロールバルブユニット１７、操作装置２６、吐出圧センサ２８、操作圧センサ２９、及びコントローラ３０等を含む。

[0033] 図２において、油圧システムは、エンジン１１によって駆動されるメインポンプ１４から、センターバイパス管路４０又はパラレル管路４２を経て作動油タンクまで作動油を循環させている。

[0034] エンジン１１は、ショベル１００の駆動源である。本実施形態では、エンジン１１は、例えば、所定の回転数を維持するように動作するディーゼルエンジンである。エンジン１１の出力軸は、メインポンプ１４及びパイロットポンプ１５のそれぞれの入力軸に連結されている。

[0035] メインポンプ１４は、作動油ラインを介して作動油をコントロールバルブユニット１７に供給するように構成されている。本実施形態では、メインポンプ１４は、斜板式可変容量型油圧ポンプである。

[0036] レギュレータ１３は、メインポンプ１４の吐出量（押し退け容積）を制御するように構成されている。本実施形態では、レギュレータ１３は、コントローラ３０からの制御指令に応じてメインポンプ１４の斜板傾転角を調節することによってメインポンプ１４の吐出量（押し退け容積）を制御する。

[0037] パイロットポンプ１５は、パイロットラインを介して操作装置２６を含む

油圧制御機器に作動油を供給するように構成されている。本実施形態では、パイロットポンプ１５は、固定容量型油圧ポンプである。但し、パイロットポンプ１５は、省略されてもよい。この場合、パイロットポンプ１５が担っていた機能は、メインポンプ１４によって実現されてもよい。すなわち、メインポンプ１４は、コントロールバルブユニット１７に作動油を供給する機能とは別に、絞り等により作動油の圧力を低下させた後で操作装置２６等に作動油を供給する機能を備えていてもよい。

[0038] コントロールバルブユニット１７は、油圧システムにおける作動油の流れを制御するように構成されている。本実施形態では、コントロールバルブユニット１７は、制御弁１７１～１７６を含む。制御弁１７５は制御弁１７５Ｌ及び制御弁１７５Ｒを含み、制御弁１７６は制御弁１７６Ｌ及び制御弁１７６Ｒを含む。コントロールバルブユニット１７は、制御弁１７１～１７６を通じ、メインポンプ１４が吐出する作動油を１又は複数の油圧アクチュエータに選択的に供給できる。制御弁１７１～１７６は、メインポンプ１４から油圧アクチュエータに流れる作動油の流量、及び、油圧アクチュエータから作動油タンクに流れる作動油の流量を制御する。油圧アクチュエータは、ブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、左走行用油圧モータ２ＭＬ、右走行用油圧モータ２ＭＲ、及び旋回用油圧モータ２Ａを含む。

[0039] 操作装置２６は、操作者がアクチュエータの操作のために用いる装置である。アクチュエータは、油圧アクチュエータ及び電動アクチュエータの少なくとも一方を含む。本実施形態では、操作装置２６は、パイロットラインを介して、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、コントロールバルブユニット１７内の対応する制御弁のパイロットポートに供給する。パイロットポートのそれぞれに供給される作動油の圧力（パイロット圧）は、油圧アクチュエータのそれぞれに対応する操作装置２６のレバー又はペダル（図示せず。）の操作方向及び操作量に応じた圧力である。但し、操作装置２６は、上述のような油圧式操作装置ではなく、電気式操作装置であってもよい。こ

の場合、コントロールバルブユニット１７内の制御弁は、電磁スプール弁であってもよい。

[0040] 吐出圧センサ２８は、メインポンプ１４の吐出圧を検出するように構成されている。本実施形態では、吐出圧センサ２８は、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0041] 操作圧センサ２９は、操作者による操作装置２６の操作の内容を検出するように構成されている。本実施形態では、操作圧センサ２９は、アクチュエータのそれぞれに対応する操作装置２６の操作方向及び操作量を圧力（操作圧）の形で検出し、検出した値を操作データとしてコントローラ３０に対して出力する。操作装置２６の操作の内容は、操作圧センサ以外の他のセンサを用いて検出されてもよい。

[0042] メインポンプ１４は、左メインポンプ１４Ｌ及び右メインポンプ１４Ｒを含む。左メインポンプ１４Ｌは、左センターバイパス管路４０Ｌ又は左パラレル管路４２Ｌを経て作動油タンクまで作動油を循環させるように構成されている。右メインポンプ１４Ｒは、右センターバイパス管路４０Ｒ又は右パラレル管路４２Ｒを経て作動油タンクまで作動油を循環させるように構成されている。

[0043] 左センターバイパス管路４０Ｌは、コントロールバルブユニット１７内に配置された制御弁１７１、１７３、１７５Ｌ、及び１７６Ｌを通る作動油ラインである。右センターバイパス管路４０Ｒは、コントロールバルブユニット１７内に配置された制御弁１７２、１７４、１７５Ｒ、及び１７６Ｒを通る作動油ラインである。

[0044] 制御弁１７１は、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油を左走行用油圧モータ２ＭＬへ供給し、且つ、左走行用油圧モータ２ＭＬが吐出する作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0045] 制御弁１７２は、右メインポンプ１４Ｒが吐出する作動油を右走行用油圧モータ２ＭＲへ供給し、且つ、右走行用油圧モータ２ＭＲが吐出する作動油

を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0046] 制御弁１７３は、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油を旋回用油圧モータ２Ａへ供給し、且つ、旋回用油圧モータ２Ａが吐出する作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0047] 制御弁１７４は、右メインポンプ１４Ｒが吐出する作動油をバケットシリンダ９へ供給し、且つ、バケットシリンダ９内の作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0048] 制御弁１７５Ｌは、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油をブームシリンダ７へ供給するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。制御弁１７５Ｒは、右メインポンプ１４Ｒが吐出する作動油をブームシリンダ７へ供給し、且つ、ブームシリンダ７内の作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0049] 制御弁１７６Ｌは、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油をアームシリンダ８へ供給し、且つ、アームシリンダ８内の作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0050] 制御弁１７６Ｒは、右メインポンプ１４Ｒが吐出する作動油をアームシリンダ８へ供給し、且つ、アームシリンダ８内の作動油を作動油タンクへ排出するために作動油の流れを切り換えるスプール弁である。

[0051] 左パラレル管路４２Ｌは、左センターバイパス管路４０Ｌに並行する作動油ラインである。左パラレル管路４２Ｌは、制御弁１７１、１７３、又は１７５Ｌの何れかによって左センターバイパス管路４０Ｌを通る作動油の流れが制限或いは遮断された場合に、より下流の制御弁に作動油を供給できる。右パラレル管路４２Ｒは、右センターバイパス管路４０Ｒに並行する作動油ラインである。右パラレル管路４２Ｒは、制御弁１７２、１７４、又は１７５Ｒの何れかによって右センターバイパス管路４０Ｒを通る作動油の流れが制限或いは遮断された場合に、より下流の制御弁に作動油を供給できる。

[0052] レギュレータ１３は、左レギュレータ１３Ｌ及び右レギュレータ１３Ｒを

含む。左レギュレータ１３Ｌは、左メインポンプ１４Ｌの吐出圧に応じて左メインポンプ１４Ｌの斜板傾転角を調節することによって、左メインポンプ１４Ｌの吐出量を制御する。具体的には、左レギュレータ１３Ｌは、例えば、左メインポンプ１４Ｌの吐出圧の増大に応じて左メインポンプ１４Ｌの斜板傾転角を調節して吐出量を減少させる。右レギュレータ１３Ｒについても同様である。これは、吐出圧と吐出量との積で表されるメインポンプ１４の吸収パワー（例えば吸収馬力）がエンジン１１の出力パワー（例えば出力馬力）を超えないようにするためである。

[0053] 操作装置２６は、左操作レバー２６Ｌ、右操作レバー２６Ｒ、及び走行レバー２６Ｄを含む。走行レバー２６Ｄは、左走行レバー２６ＤＬ及び右走行レバー２６ＤＲを含む。

[0054] 左操作レバー２６Ｌは、旋回操作とアーム５の操作に用いられる。左操作レバー２６Ｌは、前後方向に操作されると、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７６のパイロットポートに作用させる。また、左右方向に操作されると、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７３のパイロットポートに作用させる。

[0055] 具体的には、左操作レバー２６Ｌは、アーム閉じ方向に操作された場合に、制御弁１７６Ｌの右側パイロットポートに作動油を導入させ、且つ、制御弁１７６Ｒの左側パイロットポートに作動油を導入させる。また、左操作レバー２６Ｌは、アーム開き方向に操作された場合には、制御弁１７６Ｌの左側パイロットポートに作動油を導入させ、且つ、制御弁１７６Ｒの右側パイロットポートに作動油を導入させる。また、左操作レバー２６Ｌは、左旋回方向に操作された場合に、制御弁１７３の左側パイロットポートに作動油を導入させ、右旋回方向に操作された場合に、制御弁１７３の右側パイロットポートに作動油を導入させる。

[0056] 右操作レバー２６Ｒは、ブーム４の操作とバケット６の操作に用いられる。右操作レバー２６Ｒは、前後方向に操作されると、パイロットポンプ１５

が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７５のパイロットポートに作用させる。また、左右方向に操作されると、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７４のパイロットポートに作用させる。

[0057] 具体的には、右操作レバー２６Ｒは、ブーム下げ方向に操作された場合に、制御弁１７５Ｒの右側パイロットポートに作動油を導入させる。また、右操作レバー２６Ｒは、ブーム上げ方向に操作された場合には、制御弁１７５Ｌの右側パイロットポートに作動油を導入させ、且つ、制御弁１７５Ｒの左側パイロットポートに作動油を導入させる。また、右操作レバー２６Ｒは、バケット閉じ方向に操作された場合に、制御弁１７４の左側パイロットポートに作動油を導入させ、バケット開き方向に操作された場合に、制御弁１７４の右側パイロットポートに作動油を導入させる。

[0058] 走行レバー２６Ｄは、クローラ１Ｃの操作に用いられる。具体的には、左走行レバー２６ＤＬは、左クローラ１ＣＬの操作に用いられる。左走行レバー２６ＤＬは、左走行ペダルと連動するように構成されていてもよい。左走行レバー２６ＤＬは、前後方向に操作されると、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７１のパイロットポートに作用させる。右走行レバー２６ＤＲは、右クローラ１ＣＲの操作に用いられる。右走行レバー２６ＤＲは、右走行ペダルと連動するように構成されていてもよい。右走行レバー２６ＤＲは、前後方向に操作されると、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、レバー操作量に応じた制御圧を制御弁１７２のパイロットポートに作用させる。

[0059] 吐出圧センサ２８は、吐出圧センサ２８Ｌ及び吐出圧センサ２８Ｒを含む。吐出圧センサ２８Ｌは、左メインポンプ１４Ｌの吐出圧を検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。吐出圧センサ２８Ｒについても同様である。

[0060] 操作圧センサ２９は、操作圧センサ２９ＬＡ、２９ＬＢ、２９ＲＡ、２９ＲＢ、２９ＤＬ、２９ＤＲを含む。操作圧センサ２９ＬＡは、操作者による

左操作レバー２６Ｌに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。操作の内容は、例えば、レバー操作方向及びレバー操作量（レバー操作角度）等である。

[0061] 同様に、操作圧センサ２９ＬＢは、操作者による左操作レバー２６Ｌに対する左右方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。操作圧センサ２９ＲＡは、操作者による右操作レバー２６Ｒに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。操作圧センサ２９ＲＢは、操作者による右操作レバー２６Ｒに対する左右方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。操作圧センサ２９ＤＬは、操作者による左走行レバー２６ＤＬに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。操作圧センサ２９ＤＲは、操作者による右走行レバー２６ＤＲに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0062] コントローラ３０は、操作圧センサ２９の出力を受信し、必要に応じてレギュレータ１３に対して制御指令を出力し、メインポンプ１４の吐出量を変化させる。また、コントローラ３０は、絞り１８の上流に設けられた制御圧センサ１９の出力を受信し、必要に応じてレギュレータ１３に対して制御指令を出力し、メインポンプ１４の吐出量を変化させる。絞り１８は左絞り１８Ｌ及び右絞り１８Ｒを含み、制御圧センサ１９は左制御圧センサ１９Ｌ及び右制御圧センサ１９Ｒを含む。

[0063] 左センターバイパス管路４０Ｌには、最も下流にある制御弁１７６Ｌと作動油タンクとの間に左絞り１８Ｌが配置されている。そのため、左メインポンプ１４Ｌが吐出した作動油の流れは、左絞り１８Ｌで制限される。そして、左絞り１８Ｌは、左レギュレータ１３Ｌを制御するための制御圧を発生させる。左制御圧センサ１９Ｌは、この制御圧を検出するためのセンサであり、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。コントローラ３０は、

この制御圧に応じて左メインポンプ１４Ｌの斜板傾転角を調節することによって、左メインポンプ１４Ｌの吐出量を制御する。コントローラ３０は、この制御圧が大きいほど左メインポンプ１４Ｌの吐出量を減少させ、この制御圧が小さいほど左メインポンプ１４Ｌの吐出量を増大させる。右メインポンプ１４Ｒの吐出量も同様に制御される。

[0064] 具体的には、図２で示されるようにショベル１００における油圧アクチュエータが何れも操作されていない待機状態の場合、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油は、左センターバイパス管路４０Ｌを通って左絞り１８Ｌに至る。そして、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油の流れは、左絞り１８Ｌの上流で発生する制御圧を増大させる。その結果、コントローラ３０は、左メインポンプ１４Ｌの吐出量を許容最小吐出量まで減少させ、左メインポンプ１４Ｌが吐出した作動油が左センターバイパス管路４０Ｌを通過する際の圧力損失（ポンピングロス）を抑制する。一方、何れかの油圧アクチュエータが操作された場合、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油は、操作対象の油圧アクチュエータに対応する制御弁を介して、操作対象の油圧アクチュエータに流れ込む。そして、左メインポンプ１４Ｌが吐出する作動油の流れは、左絞り１８Ｌに至る量を減少或いは消失させ、左絞り１８Ｌの上流で発生する制御圧を低下させる。その結果、コントローラ３０は、左メインポンプ１４Ｌの吐出量を増大させ、操作対象の油圧アクチュエータに十分な作動油を流入させ、操作対象の油圧アクチュエータの駆動を確かなものとする。なお、コントローラ３０は、右メインポンプ１４Ｒの吐出量も同様に制御する。

[0065] 上述のような構成により、図２の油圧システムは、待機状態においては、メインポンプ１４に関する無駄なエネルギ消費を抑制できる。無駄なエネルギ消費は、メインポンプ１４が吐出する作動油がセンターバイパス管路４０で発生させるポンピングロスを含む。また、図２の油圧システムは、油圧アクチュエータを作動させる場合には、メインポンプ１４から必要十分な作動油を作動対象の油圧アクチュエータに確実に供給できる。

[0066] 次に、図３Ａ～図３Ｄを参照し、コントローラ３０がマシンコントロール機能によってアクチュエータを自動的に動作させるための構成について説明する。図３Ａ～図３Ｄは、油圧システムの一部の図である。具体的には、図３Ａは、アームシリンダ８の操作に関する油圧システムの一部の図であり、図３Ｂは、旋回用油圧モータ２Ａの操作に関する油圧システムの一部の図である。また、図３Ｃは、ブームシリンダ７の操作に関する油圧システムの一部の図であり、図３Ｄは、バケットシリンダ９の操作に関する油圧システムの一部の図である。

[0067] 図３Ａ～図３Ｄに示すように、油圧システムは、比例弁３１、シャトル弁３２、及び比例弁３３を含む。比例弁３１は、比例弁３１ＡＬ～３１ＤＬ及び３１ＡＲ～３１ＤＲを含み、シャトル弁３２は、シャトル弁３２ＡＬ～３２ＤＬ及び３２ＡＲ～３２ＤＲを含み、比例弁３３は、比例弁３３ＡＬ～３３ＤＬ及び３３ＡＲ～３３ＤＲを含む。

[0068] 比例弁３１は、マシンコントロール用制御弁として機能するように構成されている。比例弁３１は、パイロットポンプ１５とシャトル弁３２とを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁３１は、コントローラ３０が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ３０は、操作者による操作装置２６の操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１及びシャトル弁３２を介し、コントロールバルブユニット１７内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。

[0069] シャトル弁３２は、２つの入口ポートと１つの出口ポートを有する。２つの入口ポートのうちの一方は操作装置２６に接続され、他方は比例弁３１に接続されている。出口ポートは、コントロールバルブユニット１７内の対応する制御弁のパイロットポートに接続されている。そのため、シャトル弁３２は、操作装置２６が生成するパイロット圧と比例弁３１が生成するパイロット圧のうちの高い方を、対応する制御弁のパイロットポートに作用させることができる。

[0070] 比例弁３３は、比例弁３１と同様に、マシンコントロール用制御弁として機能する。比例弁３３は、操作装置２６とシャトル弁３２とを接続する管路に配置され、その管路の流路面積を変更できるように構成されている。本実施形態では、比例弁３３は、コントローラ３０が出力する制御指令に応じて動作する。そのため、コントローラ３０は、操作者による操作装置２６の操作とは無関係に、操作装置２６が吐出する作動油の圧力を減圧した上で、シャトル弁３２を介し、コントロールバルブユニット１７内の対応する制御弁のパイロットポートに供給できる。

[0071] この構成により、コントローラ３０は、特定の操作装置２６に対する操作が行われていない場合であっても、その特定の操作装置２６に対応する油圧アクチュエータを動作させることができる。また、コントローラ３０は、特定の操作装置２６に対する操作が行われている場合であっても、その特定の操作装置２６に対応する油圧アクチュエータの動作を強制的に停止させることができる。

[0072] 例えば、図３Ａに示すように、左操作レバー２６Ｌは、アーム５を操作するために用いられる。具体的には、左操作レバー２６Ｌは、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、前後方向への操作に応じたパイロット圧を制御弁１７６のパイロットポートに作用させる。より具体的には、左操作レバー２６Ｌは、アーム閉じ方向（後方向）に操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７６Ｌの右側パイロットポートと制御弁１７６Ｒの左側パイロットポートに作用させる。また、左操作レバー２６Ｌは、アーム開き方向（前方向）に操作された場合には、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７６Ｌの左側パイロットポートと制御弁１７６Ｒの右側パイロットポートに作用させる。

[0073] 左操作レバー２６ＬにはスイッチＮＳが設けられている。本実施形態では、スイッチＮＳは、押しボタンスイッチである。操作者は、スイッチＮＳを指で押しながら左操作レバー２６Ｌを手で操作できる。スイッチＮＳは、右操作レバー２６Ｒに設けられていてもよく、キャビン１０内の他の位置に設

けられていてもよい。

[0074] 操作圧センサ２９ＬＡは、操作者による左操作レバー２６Ｌに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0075] 比例弁３１ＡＬは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＡＬは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＡＬ及びシャトル弁３２ＡＬを介して制御弁１７６Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＡＲは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＡＲは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＡＲ及びシャトル弁３２ＡＲを介して制御弁１７６Ｌの左側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの右側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＡＬは、制御弁１７６Ｌを任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。また、比例弁３１ＡＲは、制御弁１７６Ｒを任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0076] この構成により、コントローラ３０は、操作者によるアーム閉じ操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＡＬ及びシャトル弁３２ＡＬを介し、制御弁１７６Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの左側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、アーム５を自動的に閉じることができる。また、コントローラ３０は、操作者によるアーム開き操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＡＲ及びシャトル弁３２ＡＲを介し、制御弁１７６Ｌの左側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの右側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、アーム５を自動的に開くことができる。

[0077] 比例弁３３ＡＬは、コントローラ３０が出力する制御指令（電流指令）に応じて動作する。そして、パイロットポンプ１５から左操作レバー２６Ｌ、

比例弁３３ＡＬ、及びシャトル弁３２ＡＬを介して制御弁１７６Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を減圧する。比例弁３３ＡＲは、コントローラ３０が出力する制御指令（電流指令）に応じて動作する。そして、パイロットポンプ１５から左操作レバー２６Ｌ、比例弁３３ＡＲ、及びシャトル弁３２ＡＲを介して制御弁１７６Ｌの左側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの右側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を減圧する。比例弁３３ＡＬ及び３３ＡＲは、それぞれ、制御弁１７６Ｌ及び１７６Ｒを任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0078] この構成により、コントローラ３０は、操作者によるアーム閉じ操作が行われている場合であっても、必要に応じて、制御弁１７６の閉じ側のパイロットポート（制御弁１７６Ｌの左側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの右側パイロットポート）に作用するパイロット圧を減圧し、アーム５の閉じ動作を強制的に停止させることができる。操作者によるアーム開き操作が行われているときにアーム５の開き動作を強制的に停止させる場合についても同様である。

[0079] 或いは、コントローラ３０は、操作者によるアーム閉じ操作が行われている場合であっても、必要に応じて、比例弁３１ＡＲを制御し、制御弁１７６の閉じ側のパイロットポートの反対側にある、制御弁１７６の開き側のパイロットポート（制御弁１７６Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７６Ｒの左側パイロットポート）に作用するパイロット圧を増大させ、制御弁１７６を強制的に中立位置に戻すことで、アーム５の閉じ動作を強制的に停止させてもよい。この場合、比例弁３３ＡＬは省略されてもよい。操作者によるアーム開き操作が行われている場合にアーム５の開き動作を強制的に停止させる場合についても同様である。

[0080] また、以下の図３Ｂ～図３Ｄを参照しながらの説明を省略するが、操作者による旋回操作が行われている場合に上部旋回体３の旋回動作を強制的に停止させる場合、操作者によるブーム上げ操作又はブーム下げ操作が行われて

いる場合にブーム４の動作を強制的に停止させる場合、及び、操作者によるバケット閉じ操作又はバケット開き操作が行われている場合にバケット６の動作を強制的に停止させる場合についても同様である。また、操作者による走行操作が行われている場合に下部走行体１の走行動作を強制的に停止させる場合についても同様である。

[0081] また、図３Ｂに示すように、左操作レバー２６Ｌは、旋回機構２を操作するためにも用いられる。具体的には、左操作レバー２６Ｌは、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、左右方向への操作に応じたパイロット圧を制御弁１７３のパイロットポートに作用させる。より具体的には、左操作レバー２６Ｌは、左旋回方向（左方向）に操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７３の左側パイロットポートに作用させる。また、左操作レバー２６Ｌは、右旋回方向（右方向）に操作された場合には、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７３の右側パイロットポートに作用させる。

[0082] 操作圧センサ２９ＬＢは、操作者による左操作レバー２６Ｌに対する左右方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0083] 比例弁３１ＢＬは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＢＬは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＢＬ及びシャトル弁３２ＢＬを介して制御弁１７３の左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＢＲは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＢＲは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＢＲ及びシャトル弁３２ＢＲを介して制御弁１７３の右側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＢＬ及び比例弁３１ＢＲは、制御弁１７３を任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0084] この構成により、コントローラ３０は、操作者による左旋回操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＢＬ及びシャ

トル弁３２ＢＬを介し、制御弁１７３の左側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、旋回機構２を自動的に左旋回させることができる。また、コントローラ３０は、操作者による右旋回操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＢＲ及びシャトル弁３２ＢＲを介し、制御弁１７３の右側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、旋回機構２を自動的に右旋回させることができる。

[0085] また、図３Ｃに示すように、右操作レバー２６Ｒは、ブーム４を操作するために用いられる。具体的には、右操作レバー２６Ｒは、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、前後方向への操作に応じたパイロット圧を制御弁１７５のパイロットポートに作用させる。より具体的には、右操作レバー２６Ｒは、ブーム上げ方向（後方向）に操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７５Ｌの右側パイロットポートと制御弁１７５Ｒの左側パイロットポートに作用させる。また、右操作レバー２６Ｒは、ブーム下げ方向（前方向）に操作された場合には、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７５Ｒの右側パイロットポートに作用させる。

[0086] 操作圧センサ２９ＲＡは、操作者による右操作レバー２６Ｒに対する前後方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0087] 比例弁３１ＣＬは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＣＬは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＣＬ及びシャトル弁３２ＣＬを介して制御弁１７５Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７５Ｒの左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＣＲは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＣＲは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＣＲ及びシャトル弁３２ＣＲを介して制御弁１７５Ｌの左側パイロットポート及び制御弁１７５Ｒの右側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＣＬは、制御弁１７５Ｌを

任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。また、比例弁３１ＣＲは、制御弁１７５Ｒを任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0088] この構成により、コントローラ３０は、操作者によるブーム上げ操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＣＬ及びシャトル弁３２ＣＬを介し、制御弁１７５Ｌの右側パイロットポート及び制御弁１７５Ｒの左側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、ブーム４を自動的に上げることができる。また、コントローラ３０は、操作者によるブーム下げ操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＣＲ及びシャトル弁３２ＣＲを介し、制御弁１７５Ｒの右側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、ブーム４を自動的に下げることができる。

[0089] また、図３Ｄに示すように、右操作レバー２６Ｒは、バケット６を操作するためにも用いられる。具体的には、右操作レバー２６Ｒは、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を利用し、左右方向への操作に応じたパイロット圧を制御弁１７４のパイロットポートに作用させる。より具体的には、右操作レバー２６Ｒは、バケット閉じ方向（左方向）に操作された場合に、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７４の左側パイロットポートに作用させる。また、右操作レバー２６Ｒは、バケット開き方向（右方向）に操作された場合には、操作量に応じたパイロット圧を制御弁１７４の右側パイロットポートに作用させる。

[0090] 操作圧センサ２９ＲＢは、操作者による右操作レバー２６Ｒに対する左右方向への操作の内容を圧力の形で検出し、検出した値をコントローラ３０に対して出力する。

[0091] 比例弁３１ＤＬは、コントローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＤＬは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＤＬ及びシャトル弁３２ＤＬを介して制御弁１７４の左側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＤＲは、コント

ローラ３０が出力する電流指令に応じて動作する。そして、比例弁３１ＤＲは、パイロットポンプ１５から比例弁３１ＤＲ及びシャトル弁３２ＤＲを介して制御弁１７４の右側パイロットポートに導入される作動油によるパイロット圧を調整する。比例弁３１ＤＬ、３１ＤＲは、制御弁１７４を任意の弁位置で停止できるようにパイロット圧を調整可能である。

[0092] この構成により、コントローラ３０は、操作者によるバケット閉じ操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＤＬ及びシャトル弁３２ＤＬを介し、制御弁１７４の左側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、バケット６を自動的に閉じることができる。また、コントローラ３０は、操作者によるバケット開き操作とは無関係に、パイロットポンプ１５が吐出する作動油を、比例弁３１ＤＲ及びシャトル弁３２ＤＲを介し、制御弁１７４の右側パイロットポートに供給できる。すなわち、コントローラ３０は、バケット６を自動的に開くことができる。

[0093] ショベル１００は、下部走行体１を自動的に前進・後進させる構成を備えていてもよい。この場合、油圧システムにおける、左走行用油圧モータ２ＭＬの操作に関する部分、及び、右走行用油圧モータ２ＭＲの操作に関するは、ブームシリンダ７の操作に関する部分等と同じように構成されてもよい。

[0094] 次に、図４を参照し、コントローラ３０の機能について説明する。図４は、コントローラ３０の機能ブロック図である。図４の例では、コントローラ３０は、姿勢検出装置、操作装置２６、物体検知装置７０、撮像装置８０、及びスイッチＮＳ等が出力する信号を受け、様々な演算を実行し、比例弁３１、表示装置Ｄ１、及び音出力装置Ｄ２等に制御指令を出力できるように構成されている。姿勢検出装置は、例えば、ブーム角度センサＳ１、アーム角度センサＳ２、バケット角度センサＳ３、機体傾斜センサＳ４、及び旋回角速度センサＳ５を含む。コントローラ３０は、軌道生成部３０Ａ及び自律制御部３０Ｂを機能ブロックとして有する。各機能ブロックは、ハードウェアで構成されていてもよく、ソフトウェアで構成されていてもよい。

[0095] 軌道生成部３０Ａは、ショベル１００を自律的に動作させるときにショベル１００の所定部位が描く軌道である目標軌道を生成するように構成されている。所定部位は、例えば、バケット６の爪先、又は、バケット６の背面にある所定点等である。本実施形態では、軌道生成部３０Ａは、自律制御部３０Ｂがショベル１００を自律的に動作させるときに利用する目標軌道を生成する。具体的には、軌道生成部３０Ａは、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて目標軌道を生成する。

[0096] 自律制御部３０Ｂは、ショベル１００を自律的に動作させるように構成されている。本実施形態では、自律制御部３０Ｂは、所定の開始条件が満たされた場合に、軌道生成部３０Ａが生成した目標軌道に沿ってショベル１００の所定部位を移動させるように構成されている。具体的には、自律制御部３０Ｂは、スイッチＮＳが押されている状態で操作装置２６が操作されたときに、ショベル１００の所定部位が目標軌道に沿って移動するように、ショベル１００を自律的に動作させる。例えば、自律制御部３０Ｂは、スイッチＮＳが押されている状態で左操作レバー２６Ｌがアーム開き方向に操作されたときに、バケット６の爪先が目標軌道に沿って移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。

[0097] 次に、図５及び図６を参照しながら、コントローラ３０がアタッチメントの動きを自律的に制御する機能（以下、「自律制御機能」とする。）の一例について説明する。図５及び図６は、自律制御機能のブロック図である。

[0098] 最初に、コントローラ３０は、図５に示すように、操作傾向に基づいて目標移動速度及び目標移動方向を決定する。操作傾向は、例えば、レバー操作量に基づいて判定される。目標移動速度は、制御基準点の移動速度の目標値であり、目標移動方向は、制御基準点の移動方向の目標値である。制御基準点は、例えば、バケット６の爪先、バケット６の背面にある所定点、又は、バケットピン（アーム５とバケット６との接続部）にある所定点等である。制御基準点は、例えば、ブーム角度β_1、アーム角度β_2、バケット角度β_3、及び、旋回角度α_1に基づいて算出される。

[0099] その後、コントローラ３０は、目標移動速度と、目標移動方向と、制御基準点の三次元座標（Ｘｅ、Ｙｅ、Ｚｅ）とに基づいて単位時間経過後の制御基準点の三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）を算出する。単位時間経過後の制御基準点の三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）は、例えば、目標軌道上の座標である。単位時間は、例えば、制御周期の整数倍に相当する時間である。

[0100] 目標軌道は、例えば、ダンプトラックへの土砂等の積み込みを実現する作業である積み込み作業で実行される放土動作（排土動作）に関する目標軌道であってもよい。放土動作は、バケット６に取り込まれている土砂等の被掘削物をダンプトラックの荷台にダンプする（降ろす）動作を含む。典型的には、放土動作は、バケット開き動作及びアーム開き動作を含む複合動作である。この場合、目標軌道は、例えば、ダンプトラックの形状（例えばダンプトラックの荷台の前後方向の長さ、及び、荷台の向き）、ダンプトラックの荷台に既に積み込まれている土砂等の積載物の形状、並びに、バケット６に取り込まれている被掘削物の体積等の少なくとも１つに基づいて算出されてもよい。なお、ダンプトラックの形状、積載物の形状、及び、バケット６に取り込まれている被掘削物の体積は、例えば、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて導き出されてもよい。

[0101] 例えば、目標軌道は、バケット６に取り込まれている被掘削物がダンプトラックの荷台にダンプされたときに、その被掘削物によって新たに形成される積載物の高さがほぼ一定となるように設定される。具体的には、目標軌道は、幅Ｗｔ、長さＬｔ、及び高さＨｔを有する略直方体の積載物が形成されるように設定される。

[0102] 目標軌道は、典型的には、放土動作が開始される前に算出され、その放土動作が終了するまで変更されることはない。但し、目標軌道は、放土動作の実行中に変更されてもよい。例えば、目標軌道は、新たに形成された積載物の高さが所望の高さよりも大きい場合、低めに調整されてもよい。すなわち、目標軌道は、典型的には開ループ制御で制御されるが、新たに形成された

積載物の高さに応じてフィードバック制御されてもよい。なお、新たに形成された積載物の高さは、例えば、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて算出される。

[0103] その後、コントローラ３０は、算出した三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）に基づき、ブーム４、アーム５、及びバケット６の回動に関する指令値β_{1r}、β_{2r}、及びβ_{3r}と、上部旋回体３の旋回に関する指令値α_{1r}とを生成する。指令値β_{1r}は、例えば、制御基準点を三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）に合わせることができたときのブーム角度β_1を表す。同様に、指令値β_{2r}は、制御基準点を三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）に合わせることができたときのアーム角度β_2を表し、指令値β_{3r}は、制御基準点を三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）に合わせることができたときのバケット角度β_3を表し、指令値α_{1r}は、制御基準点を三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）に合わせることができたときの旋回角度α_1を表す。

[0104] バケット６の回動に関する指令値β_{3r}は、放土動作の実行中に変更されてもよい。例えば、指令値β_{3r}は、新たに形成された積載物の高さが所望の高さよりも大きい場合、小さめに調整されてもよい。すなわち、指令値β_{3r}は、典型的には開ループ制御で制御されるが、新たに形成された積載物の高さに応じてフィードバック制御されてもよい。

[0105] 放土動作に関する目標軌道が算出される場合、典型的には、指令値α_{1r}の生成は省略される。放土動作は、典型的には、旋回角度α_1が固定された状態で行われるためである。

[0106] その後、コントローラ３０は、図６に示すように、ブーム角度β_1、アーム角度β_2、バケット角度β_3、及び旋回角度α_1のそれぞれが、生成された指令値β_1ｒ、β_2ｒ、β_3ｒ、及びα_1ｒとなるようにブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、及び旋回用油圧モータ２Ａを動作させる。なお、旋回角度α_1は、例えば、旋回角速度センサＳ５の出力、及び、事前に測定されて入力されたショベル１００の各部位の寸法等に基づいて算出される。

[0107] 具体的には、コントローラ３０は、ブーム角度β_1の現在値と指令値$\beta_1 r$との差$\Delta\beta_1$に対応するブームシリンダパイロット圧指令を生成する。そして、ブームシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流をブーム制御機構３１Ｃに対して出力する。ブーム制御機構３１Ｃは、ブームシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をブーム制御弁としての制御弁１７５に対して作用させることができるように構成されている。ブーム制御機構３１Ｃは、例えば、図３Ｃにおける比例弁３１ＣＬ及び比例弁３１ＣＲであってもよい。

[0108] その後、ブーム制御機構３１Ｃが生成したパイロット圧を受けた制御弁１７５は、メインポンプ１４が吐出する作動油を、パイロット圧に対応する流れ方向及び流量でブームシリンダ７に流入させる。

[0109] このとき、コントローラ３０は、ブームスプール変位センサＳ７が検出する制御弁１７５のスプール変位量に基づいてブームスプール制御指令を生成してもよい。ブームスプール変位センサＳ７は、制御弁１７５を構成するスプールの変位量を検出するセンサである。そして、コントローラ３０は、ブームスプール制御指令に対応する制御電流をブーム制御機構３１Ｃに対して出力してもよい。この場合、ブーム制御機構３１Ｃは、ブームスプール制御指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧を制御弁１７５に対して作用させる。

[0110] ブームシリンダ７は、制御弁１７５を介して供給される作動油により伸縮する。ブーム角度センサＳ１は、伸縮するブームシリンダ７によって動かされるブーム４のブーム角度β_1を検出する。

[0111] その後、コントローラ３０は、ブーム角度センサＳ１が検出したブーム角度β_1を、ブームシリンダパイロット圧指令を生成する際に用いるブーム角度β_1の現在値としてフィードバックする。

[0112] 上述の説明は、指令値$\beta_1 r$に基づくブーム４の動作に関するものであるが、指令値$\beta_2 r$に基づくアーム５の動作、指令値$\beta_3 r$に基づくバケット６の動作、及び、指令値$\alpha_1 r$に基づく上部旋回体３の旋回動作にも同様に適用さ

れる。なお、アーム制御機構３１Ａは、アームシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をアーム制御弁としての制御弁１７６に対して作用させることができるように構成されている。アーム制御機構３１Ａは、例えば、図３Ａにおける比例弁３１ＡＬ及び比例弁３１ＡＲであってもよい。また、バケット制御機構３１Ｄは、バケットシリンダパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧をバケット制御弁としての制御弁１７４に対して作用させることができるように構成されている。バケット制御機構３１Ｄは、例えば、図３Ｄにおける比例弁３１ＤＬ及び比例弁３１ＤＲであってもよい。また、旋回制御機構３１Ｂは、旋回用油圧モータパイロット圧指令に対応する制御電流に応じたパイロット圧を旋回制御弁としての制御弁１７３に対して作用させることができるように構成されている。旋回制御機構３１Ｂは、例えば、図３Ｂにおける比例弁３１ＢＬ及び比例弁３１ＢＲであってもよい。また、アームスプール変位センサＳ８は、制御弁１７６を構成するスプールの変位量を検出するセンサであり、バケットスプール変位センサＳ９は、制御弁１７４を構成するスプールの変位量を検出するセンサであり、旋回スプール変位センサＳ６は、制御弁１７３を構成するスプールの変位量を検出するセンサである。

[0113] コントローラ３０は、図５に示すように、ポンプ吐出量導出部ＣＰ１、ＣＰ２、ＣＰ３、及びＣＰ４を用い、指令値$\beta_1 r$、$\beta_2 r$、$\beta_3 r$、及び$\alpha_1 r$からポンプ吐出量を導き出してもよい。本実施形態では、ポンプ吐出量導出部ＣＰ１、ＣＰ２、ＣＰ３、及びＣＰ４は、予め登録された参照テーブル等を用いて指令値$\beta_1 r$、$\beta_2 r$、$\beta_3 r$、及び$\alpha_1 r$からポンプ吐出量を導き出す。ポンプ吐出量導出部ＣＰ１、ＣＰ２、ＣＰ３、及びＣＰ４が導き出したポンプ吐出量は合計され、合計ポンプ吐出量としてポンプ流量演算部に入力される。ポンプ流量演算部は、入力された合計ポンプ吐出量に基づいてメインポンプ１４の吐出量を制御する。本実施形態では、ポンプ流量演算部は、合計ポンプ吐出量に応じてメインポンプ１４の斜板傾転角を変更することによってメインポンプ１４の吐出量を制御する。

[0114] このように、コントローラ３０は、ブーム制御弁としての制御弁１７５、アーム制御弁としての制御弁１７６、バケット制御弁としての制御弁１７４、及び、旋回制御弁としての制御弁１７３のそれぞれの開口制御とメインポンプ１４の吐出量の制御とを同時に実行できる。そのため、コントローラ３０は、ブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、及び旋回用油圧モータ２Ａのそれぞれに適切な量の作動油を供給できる。

[0115] また、コントローラ３０は、三次元座標（Ｘｅｒ、Ｙｅｒ、Ｚｅｒ）の算出と、指令値β_{1r}、β_{2r}、β_{3r}、及びα_{1r}の生成と、メインポンプ１４の吐出量の決定とを１制御サイクルとし、この制御サイクルを繰り返すことで自律制御を実行する。また、コントローラ３０は、ブーム角度センサＳ１、アーム角度センサＳ２、バケット角度センサＳ３、及び旋回角速度センサＳ５のそれぞれの出力に基づいて制御基準点をフィードバック制御することで自律制御の精度を向上させることができる。具体的には、コントローラ３０は、ブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、及び旋回用油圧モータ２Ａのそれぞれに流入する作動油の流量をフィードバック制御することで自律制御の精度を向上させることができる。

[0116] また、コントローラ３０は、放土動作に関する自律制御を実行する際には、バケット６とダンプトラックとが接触しないように、バケット６とダンプトラックとの間の距離を監視するように構成されていてもよい。例えば、コントローラ３０は、姿勢検出装置及び物体検知装置７０の出力に基づき、バケット６の背面における１又は複数の所定点のそれぞれとダンプトラックのフロントパネルとの間の距離が所定値を下回ったと判定した場合、或いは、バケット６の爪先とダンプトラックの荷台の底面との間の距離が所定値を下回ったと判定した場合、掘削アタッチメントＡＴの動きを停止させてもよい。

[0117] 次に、図７Ａ～図７Ｄを参照し、放土動作に関する自律制御の一例について説明する。図７Ａ～図７Ｃは、放土動作が行われるときのダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの側面図であり、図７Ｄは、荷台ＢＤの背面図である。具体

的には、図７Ａは、放土動作が行われる直前の荷台ＢＤの側面図である。図７Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図７Ｃは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図７Ｄは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの背面図である。

[0118] 図７Ａ～図７Ｃは、明瞭化のため、ダンプトラックＤＴのフロントパネルＦＲ及びリヤゲートＲＧを表示する一方で、左サイドゲート及び右サイドゲートの図示を省略している。図７Ｄは、明瞭化のため、左サイドゲートＬＳＧ及び右サイドゲートＲＳＧを表示する一方で、フロントパネルＦＲ及びリヤゲートＲＧの図示を省略している。また、図７Ｂ～図７Ｄでは、ダンプトラックＤＴの全体像の図示を省略している。

[0119] 具体的には、図７Ａは、土砂等の被掘削物が全く積み込まれていない状態にあるダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの状態を示している。また、図７Ａは、手動操作又は自律制御によって荷台ＢＤの上方に位置付けられた、被掘削物が取り込まれた状態のバケット６をバケット６ａとして示している。また、バケット６ａは、掘削動作後に実行されるブーム上げ旋回動作が終了したときのバケット６の状態を示している。そして、点Ｐａは、ブーム上げ旋回動作が終了したときのバケット６の爪先位置を表している。

[0120] そして、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいてダンプトラックＤＴの荷台ＢＤが認識されると、放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１とが設定される。その後、目標軌道ＴＬが、放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１とを結ぶ仮想線分として求められる。そして、この目標軌道ＴＬの位置に対応するようにバケット６の開き角度が算出される。これにより、バケット６の爪先が放土開始点Ｐｓ１にあるときに開始されるアーム開き制御に対応して、バケット６の爪先が目標軌道ＴＬに沿うようにブーム上げ制御とバケット開き制御とが実行される。その後、アーム５が荷台ＢＤに対して垂直になった時点で、ブーム上げ制御はブーム下げ制御へ切り替わる。つまり、マスター制御として所定の速度でアーム開き制御が実行されると、それに応じてブーム制御とバケット制御とがスレーブ制御として

実行される。このようにして、目標軌道ＴＬに沿うようにバケット６の爪先の移動が制御される。マスター制御としてバケット開き制御が実行されてもよい。この場合、アーム制御とブーム制御とがスレーブ制御として実行される。アーム５の開き速度及びバケット６の開き速度の少なくとも１つは、土砂特性及び作業環境毎の学習データ等の少なくとも１つに基づいて変更されてもよい。

[0121] １回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ１は、目標軌道ＴＬの一例であり、荷台ＢＤの底面から高さＨ１のところにある、放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0122] 放土開始点Ｐｓ１は、目標軌道ＴＬ１の起点である。放土開始点Ｐｓ１は、リヤゲートＲＧから間隔ＲＳだけ前方に離れた位置に設定されている。間隔ＲＳの値は、例えば、不揮発性記憶装置に予め記憶されている。また、放土開始点Ｐｓ１は、荷台ＢＤの幅の中央を通るように設定されている。

[0123] 放土終了点Ｐｅ１は、目標軌道ＴＬ１の終点である。放土終了点Ｐｅ１は、フロントパネルＦＲから間隔ＦＳだけ後方に離れた位置に設定されている。間隔ＦＳの値は、例えば、不揮発性記憶装置に予め記憶されている。また、放土終了点Ｐｅ１は、荷台ＢＤの幅の中央を通るように設定されている。

[0124] 放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１との間の距離である目標軌道ＴＬ１の長さＬ１は、長さＬｔの一例であり、ダンプトラックＤＴの荷台長さＬｂから間隔ＲＳ及び間隔ＦＳを差し引いた値である。

[0125] 高さＨ１は、高さＨｔの一例であり、例えば、バケット６ａに取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ１は、長さＬｔ（Ｌ１）と高さＨｔ（Ｈ１）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積が、バケット６ａに取り込まれている被掘削物の体積と等しくなるように算出される。幅Ｗｔは、バケット６の幅に相当する値である。長さＬｔ（Ｌ１）及び幅Ｗｔは、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて算出される。長さＬｔ（Ｌ１）及び幅Ｗｔは、不揮発性記憶装置に予め記憶されていてもよい。バケット６ａに取り込まれている被掘削物

の体積は、例えば、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて算出される。

[0126] コントローラ３０は、このようにして算出した目標軌道ＴＬ１に沿って制御基準点としてのバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ１に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0127] バケット開き制御は、バケット６に取り込まれている被掘削物によって新たに形成される積載物（目標軌道ＴＬ１に沿って延びる直方体）の高さが高さＨ１で維持されるように、バケット角度β_3を変化させる制御である。

[0128] コントローラ３０は、典型的には、バケット６の爪先が放土終了点Ｐｅ１に近づくにつれてバケット角度β_3が大きくなるようにバケット開き制御を実行する。コントローラ３０は、バケット角度β_3を決定する際に、土砂の粘度等の被掘削物の特性を考慮してもよい。被掘削物の特性は、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて動的に算出されてもよく、不揮発性記憶装置に予め記憶されていてもよい。

[0129] バケット６ｂは、バケット６の爪先が放土開始点Ｐｓ１に位置するときのバケット６の状態を示している。このときのバケット角度β_3は、角度θ１である。バケット６ｃは、バケット６の爪先が目標軌道ＴＬ１上の点Ｐ１に位置するときのバケット６の状態を示している。このときのバケット角度β_3は、角度θ２（＞θ１）である。バケット６ｄは、バケット６の爪先が目標軌道ＴＬ１上の点Ｐ２に位置するときのバケット６の状態を示している。このときのバケット角度β_3は、角度θ３（＞θ２）である。バケット６ｅは、バケット６の爪先が放土終了点Ｐｅ１に位置するときのバケット６の状態を示している。このときのバケット角度β_3は、角度θ４（＞θ３）である。バケット６ｆは、放土動作後に実行されるブーム下げ旋回動作が開始するときのバケット６の状態を示している。また、点Ｐｆは、ブーム下げ旋回動作が開始するときのバケット６の爪先位置を表している。

[0130] 図７Ａ～図７Ｄに示す例では、バケット６の爪先が放土終了点Ｐｅ１に位置するときのバケット６の背面ＢＦがフロントパネルＦＲと平行になるように、或いは、バケット６の背面ＢＦがフロントパネルＦＲと平行になるときの角度θ_4よりバケット角度β_3が大きくなるように、コントローラ３０は、バケット開き制御を実行する。バケット６とフロントパネルＦＲとの接触をより確実に防止するためである。

[0131] 図７Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図７Ｂは、コントローラ３０が目標軌道ＴＬ１に沿ってバケット６の爪先を移動させながらバケット開き制御を実行したときに形成された積載物ＬＤの形状、すなわち、１回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ１の形状を示している。積載物ＬＤ１は、長さＬ１、幅Ｗｔ、高さＨ１の直方体とほぼ同じ形状を有する。図７Ｂは、１回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ１の形状をクロスパターンで示している。

[0132] ２回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ２は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ１の上面から高さＨ２のところにある、放土開始点Ｐｓ２と放土終了点Ｐｅ２とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0133] 荷台ＢＤの底面に対する積載物ＬＤ１の上面の高さは、例えば、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて算出される。積載物ＬＤ１の上面の高さは、１回目の放土動作の直前に算出された高さＨ１であってもよい。

[0134] 放土開始点Ｐｓ２は、目標軌道ＴＬ２の起点である。放土開始点Ｐｓ２は、リヤゲートＲＧから間隔ＲＳだけ前方に離れた位置に設定される。目標軌道ＴＬ２に関する間隔ＲＳは、目標軌道ＴＬ１に関する間隔ＲＳとは異なる値であってもよい。

[0135] 放土終了点Ｐｅ２は、目標軌道ＴＬ２の終点である。放土終了点Ｐｅ２は、フロントパネルＦＲから間隔ＦＳだけ後方に離れた位置に設定される。目標軌道ＴＬ２に関する間隔ＦＳは、目標軌道ＴＬ２に関する間隔ＦＳとは異なる値であってもよい。

[0136] 放土開始点Ｐｓ２と放土終了点Ｐｅ２との間の距離である目標軌道ＴＬ２の長さＬ２は、長さＬｔの一例であり、ダンプトラックＤＴの荷台長さＬｂから間隔ＲＳ及び間隔ＦＳを差し引いた値である。

[0137] 高さＨ２は、高さＨｔの一例であり、例えば、２回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ２は、長さＬｔ（Ｌ２）と高さＨｔ（Ｈ２）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積が、２回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積と等しくなるように算出される。

[0138] コントローラ３０は、このようにして算出した目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0139] 図７Ｃ及び図７Ｄは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図７Ｃ及び図７Ｄは、コントローラ３０が目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先を移動させながらバケット開き制御を実行したときに形成された積載物ＬＤ、すなわち、１回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ１と、２回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ２との組み合わせの形状を示している。積載物ＬＤ２は、長さＬ２、幅Ｗｔ、高さＨ２の直方体とほぼ同じ形状を有する。図７Ｃ及び図７Ｄは、２回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ２の形状を右下がりの斜線パターンで示している。

[0140] コントローラ３０は、３回目以降の放土動作に関する目標軌道ＴＬも同様に生成する。具体的には、コントローラ３０は、現在のバケット６に取り込まれている被掘削物の重量と既にダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤの重量との合計重量がダンプトラックＤＴの最大積載量以下であれば、次の放土動作に関する目標軌道ＴＬを生成する。一方で、コントローラ３０は、合計重量がダンプトラックＤＴの最大積載量を上回る場

合には、次の放土動作に関する目標軌道を算出しない。すなわち、コントローラ３０は、次の放土動作に関する自律制御を実行しない。次の放土動作が行われてしまうと、最終的な積載物ＬＤの重量がダンプトラックＤＴの最大積載量を上回ってしまうためである。この場合、コントローラ３０は、表示装置Ｄ１及び音出力装置Ｄ２の少なくとも一方を用い、その旨を操作者に通知してもよい。なお、ダンプトラックＤＴの最大積載量は、予め入力された値であってもよく、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて導き出された値であってもよい。

[0141] また、コントローラ３０は、点Ｐａと放土開始点Ｐｓ１とを結ぶ仮想線分を目標軌道ＴＬの一部であるアプローチ軌道ＴＬａとして生成してもよい。点Ｐａは、ブーム上げ旋回動作が終了したときのバケット６の爪先位置を表す。

[0142] また、コントローラ３０は、放土終了点Ｐｅ１と点Ｐｆとを結ぶ仮想線分を目標軌道ＴＬの別の一部である退避軌道ＴＬｗとして生成してもよい。点Ｐｆは、ブーム下げ旋回動作が開始するときのバケット６の爪先位置を表す。

[0143] また、コントローラ３０は、ブーム上げ旋回動作の終了位置、及び、放土動作に関する目標軌道ＴＬ等を左サイドゲートＬＳＧと右サイドゲートＲＳＧとの間に設定するように構成されていてもよい。また、制御基準点がバケット６の左右方向の中央に設定される場合、コントローラ３０は、放土動作に関する目標軌道ＴＬを、左サイドゲートＬＳＧと右サイドゲートＲＳＧとの間の中間に設定するように構成されていてもよい。

[0144] 以上の構成により、コントローラ３０は、操作者による放土動作を支援できる。そのため、ショベル１００の操作者は、放土動作に熟練していない場合であっても、熟練操作者と同じように放土動作を実行できる。したがって、コントローラ３０は、ショベル１００の作業効率を高めることができる。また、コントローラ３０は、例えば、非熟練操作者によって高い位置からダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに被掘削物が放土されてしまい、被掘削物が荷

台ＢＤからこぼれ落ちてしまうといった状況が発生するのを防止できる。

[0145] 次に、図８Ａ～図８Ｅを参照し、放土動作に関する自律制御の別の一例について説明する。図８Ａ～図８Ｅは、放土動作が行われるときのダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの側面図である。具体的には、図８Ａは、放土動作が行われる直前の荷台ＢＤの側面図である。図８Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図８Ｃは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図８Ｄは、３回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図８Ｅは、４回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。

[0146] 図８Ａ～図８Ｅは、明瞭化のため、ダンプトラックＤＴのフロントパネルＦＲ及びリヤゲートＲＧを表示する一方で、左サイドゲート及び右サイドゲートの図示を省略している。また、図８Ａ～図８Ｅは、図７Ｂ及び図７Ｃと同様に、ダンプトラックＤＴの全体像の図示を省略している。

[0147] 図８Ａは、土砂等の被掘削物が全く積み込まれていない状態にあるダンプトラックＤＴの荷台ＢＤを示している。図８Ａに示す１回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ１は、目標軌道ＴＬの一例であり、荷台ＢＤの底面から高さＨ１のところにある、放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0148] 高さＨ１は、高さＨｔの一例であり、例えば、１回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ１は、長さＬｔ（Ｌ１）と高さＨｔ（Ｈ１）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積が、１回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積と等しくなるように算出される。幅Ｗｔは、バケット６の幅に相当する値であり、例えば、不揮発性記憶装置に予め記憶されている。

[0149] コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ１に沿って制御基準点としてのバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ１に沿ってバケット６の爪先

が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0150] 図８Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図８Ｂは、１回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ１の形状をクロスパターンで示している。

[0151] ２回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ２は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ１の上面から高さＨ２のところにある、放土開始点Ｐｓ２と放土終了点Ｐｅ２とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0152] 高さＨ２は、高さＨｔの一例であり、例えば、２回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ２は、長さＬｔ（Ｌ２）と高さＨｔ（Ｈ２）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積が、２回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積と等しくなるように算出される。

[0153] コントローラ３０は、このようにして算出した目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0154] 図８Ｃは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図８Ｃは、２回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ２の形状を右下がりの斜線パターンで示している。

[0155] ３回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ３は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ２の上面から高さＨ３のところにある、放土開始点Ｐｓ３と放土終了点Ｐｅ３とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0156] 高さＨ３は、高さＨｔの一例であり、例えば、３回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ３は、長さＬｔ（Ｌ３）と高さＨｔ（Ｈ３）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積と、空間ＳＰ１の体積との合計が、３回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積

と等しくなるように算出される。

[0157] 空間ＳＰ１は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤとリヤゲートＲＧとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。空間ＳＰ１の体積は、例えば、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づいて導き出される。空間ＳＰ１の体積は、不揮発性記憶装置に予め記憶されている値であってもよい。

[0158] コントローラ３０は、このようにして算出した目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0159] また、コントローラ３０は、バケット６の爪先が放土開始点Ｐｓ３に達したときに、目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先を移動させる前に、バケット揺動制御を実行する。

[0160] バケット揺動制御は、バケット６に取り込まれている被掘削物の一部を空間ＳＰ１に落として空間ＳＰ１を被掘削物で埋める制御である。

[0161] 具体的には、コントローラ３０は、バケット６を１又は複数回にわたって僅かに開閉させることで、すなわち、バケットシリンダ９を１又は複数回にわたって僅かに伸縮させることで、バケット６によって持ち上げられている被掘削物の一部をバケット６の外に飛び出させる。

[0162] コントローラ３０は、ブーム４、アーム５、及びバケット６の少なくとも１つを１又は複数回にわたって動かしてバケット６を揺動させることで、バケット６によって持ち上げられている被掘削物の一部をバケット６の外に飛び出させてもよい。

[0163] 本実施形態では、コントローラ３０は、バケット６に持ち上げられていた被掘削物の一部によって空間ＳＰ１が埋められたか否かにかかわらず、予め定められた回数だけバケット６を揺動させた時点で、目標軌道ＴＬ３に沿ったバケット６の爪先の移動を開始させる。但し、コントローラ３０は、被掘削物の一部によって空間ＳＰ１が埋められたことを確認するまで、バケット

６の揺動を継続させてもよい。この場合、コントローラ３０は、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づき、被掘削物の一部によって空間ＳＰ１が埋められたか否かを判定してもよい。

[0164] 図８Ｄは、３回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図８Ｄは、３回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ３の形状をドットパターンで示している。

[0165] ４回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ４は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ３の上面から僅かに低い高さＨ４のところにある、放土開始点Ｐｓ４と放土終了点Ｐｅ４とを結ぶ仮想線分として表されている。なお、高さＨ４は、荷台ＢＤの底面からの高さである。

[0166] 高さＨ４は、高さＨｔの一例であり、例えば、積載物ＬＤ３の上面の高さに基づいて算出される。なお、４回目の放土動作は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤの上面をバケット６の背面で均し、且つ、積載物ＬＤの上部にある被掘削物の一部をバケット６の背面で押すことでその被掘削物の一部を空間ＳＰ２に落として空間ＳＰ２を埋めるために行われる。そのため、４回目の放土動作は、バケット６が空の状態、すなわち、バケット６に被掘削物が取り込まれていない状態で行われる。

[0167] 空間ＳＰ２は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤとフロントパネルＦＲとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。

[0168] 具体的には、高さＨ４は、積載物ＬＤ３の上面から所定距離だけ低い高さに設定される。そして、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ４に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。

[0169] 図８Ｅは、４回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図８Ｅは、４回目の放土動作によって上面が均され、且つ、空間ＳＰ２が被掘削物で埋められた状態の積載物ＬＤの形状を示している。なお、均し動作では、制御基準点は、バケット６の爪先からバケット６の背面にある所定点へ切り換えられてもよい。

[0170] 以上の構成により、コントローラ３０は、操作者による放土動作を支援できる。そのため、ショベル１００の操作者は、放土動作に熟練していない場合であっても、熟練操作者と同じように放土動作を実行できる。したがって、コントローラ３０は、ショベル１００の作業効率を高めることができる。

[0171] 次に、図９Ａ～図９Ｅを参照し、放土動作に関する自律制御の更に別の一例について説明する。図９Ａ～図９Ｅは、放土動作が行われるときのダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの側面図である。具体的には、図９Ａは、放土動作が行われる直前の荷台ＢＤの側面図である。図９Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図９Ｃは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図９Ｄは、３回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。図９Ｅは、４回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの側面図である。

[0172] 図９Ａ～図９Ｅは、明瞭化のため、ダンプトラックＤＴのフロントパネルＦＲ及びリヤゲートＲＧを表示する一方で、左サイドゲート及び右サイドゲートの図示を省略している。また、図９Ａ～図９Ｅは、図７Ｂ、図７Ｃ、及び図８Ａ～図８Ｅと同様に、ダンプトラックＤＴの全体像の図示を省略している。

[0173] 図９Ａは、土砂等の被掘削物が全く積み込まれていない状態にあるダンプトラックＤＴの荷台ＢＤを示している。図９Ａに示す１回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ１は、目標軌道ＴＬの一例であり、荷台ＢＤの底面から高さＨ１のところにある、放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１とを結ぶ仮想線分として表されている。

[0174] 高さＨ１は、高さＨｔの一例であり、例えば、１回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積に基づいて算出される。具体的には、高さＨ１は、長さＬｔ（Ｌ１）と高さＨｔ（Ｈ１）と幅Ｗｔとの積で表される直方体の体積が、１回目の放土動作が行われる直前のバケット６に取り込まれている被掘削物の体積と等しくなるように算出される。幅Ｗｔは、バケット６の幅に相当する値であり、例えば、不揮発性記憶装

置に予め記憶されている。

[0175] コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ１に沿って制御基準点としてのバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ１に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0176] 図９Ｂは、１回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図９Ｂは、１回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ１の形状をクロスパターンで示している。

[0177] ２回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ２は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ１の上面から僅かに低い高さＨ２のところにある、放土開始点Ｐｓ２と放土終了点Ｐｅ２とを結ぶ仮想線分として表されている。なお、高さＨ２は、荷台ＢＤの底面からの高さである。

[0178] 高さＨ２は、高さＨｔの一例であり、例えば、積載物ＬＤ１の上面の高さに基づいて算出される。なお、２回目の放土動作は、バケット６に取り込まれている被掘削物を荷台ＢＤに積み込むとともに、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤ１の上面をバケット６の背面で均し、且つ、積載物ＬＤの上部にある被掘削物の一部をバケット６の背面で押すことでその被掘削物の一部を空間ＳＰ３に落として空間ＳＰ３を埋めるために行われる。

[0179] 空間ＳＰ３は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤ１とフロントパネルＦＲとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。

[0180] 具体的には、高さＨ２は、積載物ＬＤ１の上面から所定距離だけ低い高さに設定される。そして、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。すなわち、コントローラ３０は、前回の放土動作である１回目の放土動作で形成された積載物ＬＤ１の上部を崩しながら、今回の放土動作である２回目の放土動作によって新たに積み込まれる被掘削物で新たな積載物ＬＤ２の層を形成する。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ２に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。バケ

ット開き制御では、コントローラ３０は、バケット６に取り込まれている被掘削物によって新たに形成される積載物の高さが所望の高さとなるように、バケット角度β_3を変化させる。所望の高さは、典型的には、目標軌道ＴＬ２の長さと、バケット６に取り込まれている被掘削物の体積とに基づいて決定される。

[0181] 図９Ｃは、２回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図９Ｃは、２回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ２の形状を右下がりの斜線パターンで示している。

[0182] ３回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ３は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ２の上面から僅かに低い高さＨ３のところにある、放土開始点Ｐｓ３と放土終了点Ｐｅ３とを結ぶ仮想線分として表されている。なお、高さＨ３は、荷台ＢＤの底面からの高さである。

[0183] 高さＨ３は、高さＨｔの一例であり、例えば、積載物ＬＤ２の上面の高さに基づいて算出される。なお、３回目の放土動作は、バケット６に取り込まれている被掘削物を荷台ＢＤに積み込むとともに、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤ２の上面をバケット６の背面で均し、且つ、積載物ＬＤ２の上部にある被掘削物の一部をバケット６の背面で押すことでその被掘削物の一部を空間ＳＰ４に落として空間ＳＰ４を埋めるために行われる。

[0184] 空間ＳＰ４は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤとフロントパネルＦＲとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。

[0185] 具体的には、高さＨ３は、積載物ＬＤ２の上面から所定距離だけ低い高さに設定される。そして、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。

[0186] コントローラ３０は、このようにして算出した目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。また、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先が移動するのに合わせてバケット開き制御を実行する。

[0187] また、コントローラ３０は、バケット６の爪先が放土開始点Ｐｓ３に達したときに、目標軌道ＴＬ３に沿ってバケット６の爪先を移動させる前に、バケット揺動制御を実行する。

[0188] バケット揺動制御は、バケット６に取り込まれている被掘削物の一部を空間ＳＰ５に落として空間ＳＰ５を被掘削物で埋める制御である。

[0189] 空間ＳＰ５は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤとリヤゲートＲＧとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。

[0190] 具体的には、コントローラ３０は、バケット６を１又は複数回にわたって僅かに開閉させることで、すなわち、バケットシリンダ９を１又は複数回にわたって僅かに伸縮させることで、バケット６によって持ち上げられている被掘削物の一部をバケット６の外に飛び出させる。

[0191] コントローラ３０は、ブーム４、アーム５、及びバケット６の少なくとも１つを１又は複数回にわたって動かしてバケット６を揺動させることで、バケット６によって持ち上げられている被掘削物の一部をバケット６の外に飛び出させてもよい。

[0192] 本実施形態では、コントローラ３０は、バケット６に取り込まれていた被掘削物の一部によって空間ＳＰ５が埋められたか否かにかかわらず、予め定められた回数だけバケット６を揺動させた時点で、目標軌道ＴＬ３に沿ったバケット６の爪先の移動を開始させる。但し、コントローラ３０は、被掘削物の一部によって空間ＳＰ５が埋められたことを確認するまで、バケット６の揺動を継続させてもよい。この場合、コントローラ３０は、物体検知装置７０及び撮像装置８０の少なくとも一方の出力に基づき、被掘削物の一部によって空間ＳＰ１が埋められたか否かを判定してもよい。

[0193] 図９Ｄは、３回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図９Ｄは、３回目の放土動作によって形成された積載物ＬＤ３の形状をドットパターンで示している。

[0194] ４回目の放土動作に関する目標軌道ＴＬ４は、目標軌道ＴＬの一例であり、積載物ＬＤ３の上面から僅かに低い高さＨ４のところにある、放土開始点

Ｐｓ４と放土終了点Ｐｅ４とを結ぶ仮想線分として表されている。なお、高さＨ４は、荷台ＢＤの底面からの高さである。

[0195] 高さＨ４は、高さＨｔの一例であり、例えば、積載物ＬＤ３の上面の高さに基づいて算出される。なお、４回目の放土動作は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤ３の上面をバケット６の背面で均し、且つ、積載物ＬＤ３の上部にある被掘削物の一部をバケット６の背面で押すことでその被掘削物の一部を空間ＳＰ６に落として空間ＳＰ６を埋めるために行われる。そのため、４回目の放土動作は、バケット６が空の状態、すなわち、バケット６に被掘削物が取り込まれていない状態で行われる。

[0196] 空間ＳＰ６は、既に荷台ＢＤに積み込まれている積載物ＬＤとフロントパネルＦＲとの間にある、被掘削物を収容可能な空間である。

[0197] 具体的には、高さＨ４は、積載物ＬＤ３の上面から所定距離だけ低い高さに設定される。そして、コントローラ３０は、目標軌道ＴＬ４に沿ってバケット６の爪先が移動するように、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動作させる。

[0198] 図９Ｅは、４回目の放土動作が行われた直後の荷台ＢＤの状態を示している。具体的には、図９Ｅは、４回目の放土動作によって上面が均され、且つ、空間ＳＰ６が被掘削物で埋められた状態の積載物ＬＤの形状を示している。なお、均し動作では、制御基準点は、バケット６の爪先からバケット６の背面にある所定点へ切り換えられてもよい。

[0199] 以上の構成により、コントローラ３０は、操作者による放土動作を支援できる。そのため、ショベル１００の操作者は、放土動作に熟練していない場合であっても、熟練操作者と同じように放土動作を実行できる。したがって、コントローラ３０は、ショベル１００の作業効率を高めることができる。

[0200] 上述のように、本発明の実施形態に係るショベル１００は、下部走行体１と、下部走行体１に旋回可能に搭載された上部旋回体３と、上部旋回体３に設けられた制御装置としてのコントローラ３０と、を有する。そして、コントローラ３０は、ダンプトラックＤＴの位置を認識して放土動作に関する目

標軌道ＴＬを生成するように構成されている。この構成により、ショベル１００は、放土動作を自律的に実行できる。

[0201] 目標軌道ＴＬは、望ましくは、ダンプトラックＤＴの前後方向に沿って設定される。また、目標軌道ＴＬは、ダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの底面に沿って所定の高さに設定される。この構成により、コントローラ３０は、バケット６に取り込まれた被掘削物をダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに効率的にダンプすることができる。

[0202] コントローラ３０は、望ましくは、目標軌道ＴＬ上の各点に対応してバケット角度β_3を設定するように構成されている。この構成により、コントローラ３０は、ダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに積み込まれた積載物ＬＤの高さを均一にすることができる。

[0203] コントローラ３０は、ダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに積み込まれた積載物ＬＤの形状に基づいてバケット角度β_3を制御するように構成されていてもよい。この構成により、コントローラ３０は、ダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに積み込まれた積載物ＬＤの高さを更に均一にすることができる。

[0204] コントローラ３０は、望ましくは、バケット６の背面とダンプトラックＤＴとの距離を検出するように構成されている。この構成により、コントローラ３０は、放土動作に関する自律制御を実行しているときに、バケット６とダンプトラックＤＴとが接触してしまうのを防止できる。

[0205] ここで、ショベル１００の「掘削・積込み動作」の作業の流れについて図１３を用いて説明する。図１３は、ショベル１００の「掘削・積込み動作」の作業流れを説明する説明図である。

[0206] 図１３（Ａ）～図１３（Ｄ）は、掘削動作が行われている状態を示す。なお、掘削動作が行われる区間は、掘削動作区間と称される。また、掘削動作は、図１３（Ａ）及び図１３（Ｂ）の前半掘削動作と、図１３（Ｃ）及び図１３（Ｄ）の後半掘削動作と、に分けられる。

[0207] 図１３（Ａ）に示すように、コントローラ３０は、バケット６の先端が掘削対象（この例では土砂）に関して所望の高さ位置になるようにバケット

６の先端を位置決めし、図１３（Ａ）に示すようにアーム５が開かれた状態から図１３（Ｂ）に示すようにアーム５が地面に対して略垂直になるまでアーム５を閉じる。この動作により、ある程度の深さの土砂が掘削され、アーム５が地表面に略垂直になるまでに、土砂がかき寄せられる。以上の動作は前半掘削動作と称され、この動作区間は前半掘削動作区間と称される。

[0208] その後、図１３（Ｃ）に示すように、コントローラ３０は、アーム５を更に閉じて土砂をバケット６により更にかき寄せる。そして、図１３（Ｄ）に示すように、コントローラ３０は、バケット６を上縁が略水平となるまで閉じて、かき集めた土砂をバケット６内に収納する。また、コントローラ３０は、ブーム４を上げてバケット６を図１３（Ｄ）に示す位置まで上げる。以上の動作は後半掘削動作と称され、この動作区間は後半掘削動作区間と称される。図１３（Ｃ）の動作は、アーム５とバケット６との複合動作であってもよい。

[0209] 次に、コントローラ３０は、バケット６の上縁を略水平にした状態で、図１３（Ｅ）に示すようにバケット６の底部が地面から所望の高さとなるまでブーム４を上げる。所望の高さは、例えば、ダンプトラックＤＴのリヤゲートＲＧの高さ以上の高さである。コントローラ３０は、この動作に続いて或いは同時に、上部旋回体３を矢印で示すように旋回させ、排土する位置までバケット６を移動させる。

[0210] その後、コントローラ３０は、ブーム上げ旋回動作を完了させると、次に、図１３（Ｆ）に示すようにアーム５及びバケット６を開いて、バケット６内の土をダンプトラックＤＴの荷台ＢＤに排出する。この放土動作（ダンプ動作）では、コントローラ３０は、バケット６のみを開いて排土してもよい。

[0211] コントローラ３０は、ダンプ動作を完了させると、次に、図１３（Ｇ）に示すように、上部旋回体３を矢印で示すように旋回させ、バケット６を掘削位置の真上に移動させる。このとき、コントローラ３０は、旋回と同時にブーム４を下げてバケット６を掘削対象から所望の高さのところまで下降させ

る。その後、コントローラ３０は、図１３（Ａ）に示すようにバケット６を所望の高さまで下降させ、再び掘削動作を行う。

[0212] 目標軌道ＴＬは、掘削動作区間、ブーム上げ旋回動作区間、ダンプ動作区間、ブーム下げ旋回動作区間のそれぞれの区間毎に、作業の進捗に応じて設定されてもよい。例えば、コントローラ３０は、掘削動作区間における目標軌道ＴＬとダンプ動作区間における目標軌道ＴＬとを設定し、ダンプ動作区間の開始点と掘削動作区間の終了点とを接続するように、ブーム上げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬを算出し、且つ、掘削動作区間の開始点とダンプ動作区間の終了点とを接続するように、ブーム下げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬを算出してもよい。

[0213] ダンプ動作区間における目標軌道ＴＬは、上述のように認識されたダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの位置に基づいて放土開始点Ｐｓ１と放土終了点Ｐｅ１との間に設定される。そして、ダンプ動作区間における目標軌道ＴＬは、上述のようにダンプ動作が行われる度に更新される。

[0214] 掘削動作区間における目標軌道ＴＬは、掘削開始位置と掘削終了位置との間に設定される。掘削動作区間における目標軌道ＴＬは、掘削動作が行われる度に、土砂形状（地形形状、盛り土形状、又は仮置きの土砂山の形状等）に基づいて設定される。コントローラ３０は、バケット先端の軌跡に基づいて土砂形状を算出してもよく、物体検知装置７０又は撮像装置８０等の土砂の表面形状を検出可能な装置の検出値に基づいて土砂形状を算出してもよい。このようにして、掘削動作区間における目標軌道ＴＬは、掘削動作が行われる度に、土砂形状の更新に応じて更新される。更に、コントローラ３０は、仕上げ掘削の際に用いられる設計面を掘削動作区間における目標軌道ＴＬとして設定してもよい。土砂形状を取得するために用いられる物体検知装置７０又は撮像装置８０等は、ショベル１００から独立して設置されていてもよい。具体的には、物体検知装置７０又は撮像装置８０等は、空撮用マルチコプタ又は作業現場に設置された鉄塔等に取り付けられていてもよい。そして、コントローラ３０は、作業現場を上から見たときの様子を表す画像に基

づいて作業現場の土砂形状に関する情報を取得してもよい。また、掘削動作区間における目標軌道ＴＬは、バケット６の形状、土砂特性等を考慮して算出されてもよい。また、掘削動作区間における目標軌道ＴＬは、掘削前の土砂形状と目標施工面（設計面）とに基づく強化学習（機械学習）を用いて算出されてもよい。強化学習が用いられる場合には、燃料消費量又は作業時間等が報酬として設定されてもよい。

[0215] ブーム下げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬは、放土終了点Ｐｅ１、若しくは、ダンプトラックＤＴの荷台ＢＤの上方に設定されたブーム下げ旋回開始位置（例えば図７Ａの点Ｐｆ）と掘削開始位置との間に設定される。ここで、ブーム下げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬは、放土終了点Ｐｅ１と掘削開始位置との間に設定される場合には、退避軌道ＴＬｗを含んでいてもよい。

[0216] ブーム上げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬは、放土開始点Ｐｓ１、若しくは、荷台ＢＤの上方に設定されたブーム上げ旋回終了位置（例えば図７Ａの点Ｐａ）と掘削終了位置との間に設定される。ここで、ブーム上げ旋回動作区間における目標軌道ＴＬは、掘削終了位置と放土開始点Ｐｓ１との間に設定される場合には、アプローチ軌道ＴＬａを含んでいてもよい。

[0217] このようにして、コントローラ３０は、「前半掘削動作」、「後半掘削動作」、「ブーム上げ旋回動作」、「ダンプ動作」、及び「ブーム下げ旋回動作」で構成されるサイクルを繰り返しながら、「掘削・積込み動作」を進めていく。

[0218] 以上、本発明の好ましい実施形態について詳説した。しかしながら、本発明は、上述した実施形態に制限されることはない。上述した実施形態は、本発明の範囲を逸脱することなしに、種々の変形又は置換等が適用され得る。また、別々に説明された特徴は、技術的な矛盾が生じない限り、組み合わせが可能である。

[0219] 例えば、ショベル１００は、以下に示すような自律制御機能を実行して放土動作等の複合操作を自律的に実行してもよい。図１０は、自律制御機能の

構成例を示すブロック図である。図１０の例では、コントローラ３０は、自律制御の実行に関する機能ブロックＦＡ～ＦＰ及びＦ１～Ｆ６を有する。機能ブロックは、ソフトウェアで構成されていてもよく、ハードウェアで構成されていてもよく、ソフトウェアとハードウェアの組み合わせで構成されていてもよい。

[0220] 機能ブロックＦＡは、ダンプトラックＤＴの荷台を計測するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＡは、周囲監視装置としての撮像装置８０が撮像した画像に基づき、ダンプトラックＤＴの荷台を計測する。なお、周囲監視装置は、物体検知装置７０であってもよい。

[0221] 機能ブロックＦＢは、積載物の高さを算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＢは、撮像装置８０が撮像した画像に基づき、バケット６に取り込まれている被掘削物がダンプトラックＤＴの荷台にダンプされたときに、その被掘削物によって形成された積載物の高さを算出する。

[0222] 機能ブロックＦＣは、各種の異常の有無を判定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＣは、撮像装置８０が撮像した画像に基づいて撮像装置８０の異常の有無を判定するように構成されている。そして、機能ブロックＦＣは、撮像装置８０の状態が異常であると判定した場合、後述の機能ブロックＦ４に対して指令を出力し、ショベル１００の動きを減速させ或いは停止させる。

[0223] 機能ブロックＦＤは、ダンプトラックＤＴを検知するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＤは、撮像装置８０が撮像した画像に基づいてダンプトラックＤＴを検知する。

[0224] 機能ブロックＦＥは、機能ブロックＦＤが検知したダンプトラックＤＴの最大積載量を導き出すように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＥは、撮像装置８０が撮像した画像に基づいてダンプトラックＤＴの最大積載量を導き出す。機能ブロックＦＥは、例えば、ダンプトラックＤＴが１０トントラックであるか否かを識別することで、ダンプトラックＤＴの最

大積載量を導き出す。

[0225] 機能ブロックＦＦは、ブーム４の状態を判定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＦは、被掘削物を取り込んだバケット６が地面から離れる高さまでブーム４が上昇したか否かを判定する。掘削動作が終了したことを検知するためである。

[0226] 具体的には、機能ブロックＦＦは、後述の機能ブロックＦ２によって算出されるバケット６の現在の爪先位置に基づき、被掘削物を取り込んだバケット６が地面から離れる高さまでブーム４が上昇したか否かを判定する。機能ブロックＦＦは、撮像装置８０が撮像した画像に基づき、被掘削物を取り込んだバケット６が地面から離れる高さまでブーム４が上昇したか否かを判定してもよい。

[0227] 機能ブロックＦＧは、バケット６に取り込まれた被掘削物の重量を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＧは、被掘削物を取り込んだバケット６が地面から離れる高さまでブーム４が上昇したと機能ブロックＦＦが判定した場合、シリンダ圧センサＳ１０の出力に基づき、バケット６に取り込まれた被掘削物の重量を算出する。シリンダ圧センサＳ１０は、例えば、ブームシリンダ７のボトム側油室における作動油の圧力であるブームボトム圧を検出するブームボトム圧センサ、ブームシリンダ７のロッド側油室における作動油の圧力であるブームロッド圧を検出するブームロッド圧センサ、アームシリンダ８のボトム側油室における作動油の圧力であるアームボトム圧を検出するアームボトム圧センサ、アームシリンダ８のロッド側油室における作動油の圧力であるアームロッド圧を検出するアームロッド圧センサ、バケットシリンダ９のボトム側油室における作動油の圧力であるバケットボトム圧を検出するバケットボトム圧センサ、及び、バケットシリンダ９のロッド側油室における作動油の圧力であるバケットロッド圧を検出するバケットロッド圧センサ等の少なくとも１つを含む。機能ブロックＦＧは、後述の機能ブロックＦ２によって算出される掘削アタッチメントＡＴの姿勢と、シリンダ圧センサＳ１０の出力とに基づき、バケット６に取

り込まれた被掘削物の重量を算出してもよい。

[0228] 機能ブロックＦＨは、ダンプトラックＤＴに積み込まれた被掘削物の総重量を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＨは、機能ブロックＦＧによって算出された、各回の掘削動作によって掘削された被掘削物の重量を積算することで、ダンプトラックＤＴの荷台に既に積み込まれている被掘削物の総重量を算出する。

[0229] 機能ブロックＦＩは、積み込み残重量を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＩは、機能ブロックＦＥが導き出した最大積載量から、機能ブロックＦＨが算出した被掘削物の総重量を差し引くことで、積み込み残重量を算出する。例えば、最大積載量が１０トンで、ダンプトラックＤＴの荷台に既に積み込まれている被掘削物の総重量が６トンである場合、機能ブロックＦＨは、積み込み残重量として４トンを算出する。

[0230] 機能ブロックＦＪは、次の掘削動作でバケット６に取り込むべき被掘削物の重量である目標掘削重量を取得し、必要に応じてその取得した値を制限するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＪは、１回の掘削動作で掘削可能な被掘削物の最大値である最大掘削重量を、不揮発性記憶装置から読み出して取得する。そして、機能ブロックＦＪは、機能ブロックＦＩが算出した積み込み残重量が最大掘削重量より大きい場合、目標掘削重量を最大掘削重量で制限する。機能ブロックＦＪは、例えば、積み込み残重量が４トンであっても、最大掘削重量が３トンである場合には、目標掘削重量として３トンを出力する。なお、最大掘削重量は、動的に入力され或いは算出される値であってもよい。

[0231] 機能ブロックＦＫは、目標掘削体積を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＫは、機能ブロックＦＪが出力する目標掘削重量と、入力装置４３を介して入力された土質情報とに基づき、目標掘削体積を算出する。入力装置４３は、操作者が各種情報をコントローラ３０に入力できるように構成されている。入力装置４３は、例えば、キャビン１０内に設置されたタッチパネル、マイクロフォン、ノブスイッチ、及びメンブレ

ンスイッチ等の少なくとも１つである。土質情報は、例えば、被掘削物の密度又は硬さ等に関する情報である。土質情報は、不揮発性記憶装置に予め記憶されている情報であってもよい。機能ブロックＦＫは、例えば、目標掘削重量と被掘削物の密度とに基づいて目標掘削体積を算出する。機能ブロックＦＫは、例えば、目標掘削重量である３トンに対応する目標掘削体積を算出する。基本的には、目標掘削重量が一定（例えば３トン）であっても、被掘削物の密度が小さいほど、目標掘削体積は大きくなる。

[0232] 機能ブロックＦＬは、目標掘削体積を制限するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＬは、機能ブロックＦＫが算出した目標掘削体積が最大掘削体積より大きい場合、目標掘削体積を最大掘削体積で制限する。機能ブロックＦＬは、例えば、目標掘削体積が３立方メートルであっても、最大掘削体積が２立方メートルである場合には、目標掘削体積として２立方メートルを出力する。このように、コントローラ３０は、バケット６に取り込まれた被掘削物がその後の旋回動作等の際にこぼれ落ちてしまうのを防止するために、必要に応じて目標掘削体積を制限する。なお、最大掘削体積は、動的に入力され或いは算出される値であってもよい。

[0233] 機能ブロックＦ１は、目標軌道を生成するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ１は、入力装置４３を介して入力された放土に関する情報と、機能ブロックＦＡが計測したダンプトラックＤＴの荷台の形状と、機能ブロックＦＢが算出した積載物の高さと、に基づき、放土動作の際にバケット６の爪先が辿るべき軌道を目標軌道として生成する。放土に関する情報は、例えば、予め設定されている放土開始点及び放土終了点に関する情報である。放土開始点に関する情報は、放土開始点とダンプトラックＤＴのリヤゲートとの間の距離を含み、放土終了点に関する情報は、放土終了点とダンプトラックＤＴのフロントパネルとの間の距離を含む。

[0234] 機能ブロックＦ１は、典型的には、各回の放土動作が開始される前に、目標軌道を算出するように構成されている。すなわち、目標軌道は、典型的には、各回の放土動作が開始される前に更新される。具体的には、目標軌道の

始点である放土開始点の座標、及び、目標軌道の終点である放土終了点の座標は、各回の放土動作が開始される前に更新される。

[0235] 機能ブロックＦ１は、生成した目標軌道に関する画像を表示装置Ｄ１に表示させるように構成されていてもよい。

[0236] 機能ブロックＦ１は、後方監視画像及び周囲監視画像の少なくとも一方とともに目標軌道に関する画像を表示装置Ｄ１に表示させてもよい。後方監視画像は、ショベル１００の後方を操作者が監視できるようにするための画像であり、例えば、後カメラ８０Ｂが撮像した画像に基づいて生成される。周囲監視画像は、ショベル１００の周囲を操作者が監視できるようにするための画像であり、例えば、後カメラ８０Ｂ、左カメラ８０Ｌ、及び右カメラ８０Ｒのそれぞれが撮像した画像を合成して生成される視点変換画像としての俯瞰画像である。俯瞰画像は、典型的には、ショベル１００の周囲を真上の仮想視点から見たときの様子を示す画像である。機能ブロックＦ１は、例えば、後方監視画像及び周囲監視画像の少なくとも一方に隣接するように目標軌道に関する画像を表示装置Ｄ１に表示させてもよい。

[0237] 或いは、機能ブロックＦ１は、エンジン回転数モード、走行モード、アタッチメントの種類、及びエンジン制御状態等の少なくとも１つに関する情報であるショベル１００の設定状態に関する情報とともに、目標軌道に関する画像を表示装置Ｄ１に表示させてもよい。或いは、機能ブロックＦ１は、尿素水残量、燃料残量、冷却水温、エンジン稼働時間、及び累積稼動時間等の少なくとも１つに関する情報であるショベルの運転状態に関する情報とともに、目標軌道に関する画像を表示装置Ｄ１に表示させてもよい。

[0238] 機能ブロックＦ２は、現在の爪先位置を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ２は、ブーム角度センサＳ１が検出したブーム角度β_1と、アーム角度センサＳ２が検出したアーム角度β_2と、バケット角度センサＳ３が検出したバケット角度β_3と、旋回角速度センサＳ５が検出した旋回角度α_1とに基づき、バケット６の爪先の座標点を現在の爪先位置として算出する。機能ブロックＦ２は、現在の爪先位置を算出する際に、機

体傾斜センサＳ４の出力を利用してもよい。

[0239] 機能ブロックＦ３は、次の爪先位置を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ３は、手動運転式の有人ショベルでは、操作圧センサ２９が出力する操作データと、機能ブロックＦ１が生成した目標軌道と、機能ブロックＦ２が算出した現在の爪先位置とに基づき、所定時間後の爪先位置を目標爪先位置として算出する。自動運転式の無人ショベルにおける処理の流れについては後述する。

[0240] 機能ブロックＦ３は、現在の爪先位置と目標軌道との間の乖離が許容範囲内に収まっているか否かを判定してもよい。図１０の例では、機能ブロックＦ３は、現在の爪先位置と目標軌道との間の距離が所定値以下であるか否かを判定する。そして、機能ブロックＦ３は、その距離が所定値以下である場合、乖離が許容範囲内に収まっていると判定し、目標爪先位置を算出する。一方で、機能ブロックＦ３は、その距離が所定値を上回っている場合、乖離が許容範囲内に収まっていないと判定し、レバー操作量とは無関係に、アクチュエータの動きを減速させ或いは停止させる。

[0241] 機能ブロックＦ４は、爪先の速度に関する指令値を生成するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ４は、機能ブロックＦ２が算出した現在の爪先位置と、機能ブロックＦ３が算出した次の爪先位置とに基づき、所定時間で現在の爪先位置を次の爪先位置に移動させるために必要な爪先の速度を爪先の速度に関する指令値として算出する。

[0242] 機能ブロックＦ５は、爪先の速度に関する指令値を制限するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ５は、機能ブロックＦ２が算出した現在の爪先位置と、周囲監視装置としての撮像装置８０が撮像した画像とに基づき、爪先とダンプトラックＤＴ等の所定物体との間の距離が所定値未満であると判定した場合、爪先の速度に関する指令値を所定の上限値で制限する。このようにして、コントローラ３０は、爪先が所定物体に接近したときに爪先の速度を減速させる。機能ブロックＦ５は、バケット６に取り込まれた被掘削物の重量に基づいて上限値を変更するように構成されていても

よい。或いは、機能ブロックＦ５は、掘削アタッチメントＡＴの旋回半径に基づいて上限値を変更するように構成されていてもよい。掘削アタッチメントＡＴの旋回半径は、機能ブロックＦ２で算出されてもよく、機能ブロックＦ２の出力に基づいて機能ブロックＦ５で算出されてもよい。

[0243] 機能ブロックＦ６は、アクチュエータを動作させるための指令値を算出するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦ６は、現在の爪先位置を目標爪先位置に移動させるために、機能ブロックＦ３が算出した目標爪先位置に基づき、ブーム角度β_1に関する指令値β_{1r}、アーム角度β_2に関する指令値β_{2r}、バケット角度β_3に関する指令値β_{3r}、及び旋回角度α_1に関する指令値α_{1r}を算出する。機能ブロックＦ６は、ブーム４が操作されていないときであっても、必要に応じて指令値β_{1r}を算出する。これは、ブーム４を自動的に動作させるためである。アーム５、バケット６、及び旋回機構２についても同様である。

[0244] 次に、自動運転式の無人ショベルを動作させるための機能ブロックについて説明する。上述の機能ブロックＦ１～Ｆ６及びＦＡ～ＦＬは、自動運転式の無人ショベルを動作させる際にも、手動運転式の有人ショベルを動作させる際にも同じように利用される。

[0245] 通信装置Ｔ１は、ショベル１００とショベル１００の外部にある外部機器との間の通信を制御するように構成されている。図１０の例では、通信装置Ｔ１は、外部機器から受信した信号に基づいて機能ブロックＦＭに開始指令を出力するように構成されている。通信装置Ｔ１は、外部機器から受信した信号に基づいて機能ブロックＦＭに操作データを出力するように構成されていてもよい。但し、通信装置Ｔ１は、ショベル１００に搭載されている入力装置４３であってもよい。

[0246] 機能ブロックＦＭは、作業の開始を判定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＭは、通信装置Ｔ１から開始指令を受けた場合に、作業の開始が指示されたと判定し、機能ブロックＦＮに対して開始指令を出力するように構成されている。機能ブロックＦＭは、通信装置Ｔ１から

開始指令を受けた場合、周囲監視装置としての撮像装置８０の出力に基づいてショベル１００の周囲に物体が存在しないと判定できたときに、機能ブロックＦＮに対して開始指令を出力するように構成されていてもよい。機能ブロックＦＭは、機能ブロックＦＮに対して開始指令を出力する際に、パイロットポンプ１５とコントロールバルブユニット１７とを繋ぐパイロットラインに配置された電磁開閉弁に指令を出力し、そのパイロットラインを開通させてもよい。

[0247] 機能ブロックＦＮは、動作の内容を判定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＮは、機能ブロックＦＭから開始指令を受けた場合に、機能ブロックＦ２が算出した現在の爪先位置に基づき、掘削動作、ブーム上げ旋回動作、放土動作、及びブーム下げ旋回動作等の何れの動作が現在行われているか、或いは、何れの動作も行われていないかを判定するように構成されている。そして、機能ブロックＦＮは、機能ブロックＦ２が算出した現在の爪先位置に基づいてブーム上げ旋回動作が終了したと判定した場合、機能ブロックＦＯに対して開始指令を出力するように構成されている。

[0248] 機能ブロックＦＯは、ショベル１００の動作条件を設定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＯは、機能ブロックＦＮから開始指令を受けた場合に、自律制御による放土動作が行われる際の放土速度、放土開始時のバケット角度β_3等の動作条件を設定するように構成されている。そして、機能ブロックＦＯは、動作条件を設定した後で、機能ブロックＦＰに対して開始指令を出力するように構成されている。

[0249] 機能ブロックＦＰは、所定動作の開始を判定するように構成されている。図１０の例では、機能ブロックＦＰは、機能ブロックＦＯから開始指令を受けた場合に、機能ブロックＦ２によって算出される現在のバケット６の爪先位置に基づき、放土動作を開始させることができるか否かを判定する。具体的には、機能ブロックＦＰは、現在の爪先位置に基づき、ブーム上げ旋回動作が終了しているか否か、及び、バケット６の爪先が放土開始点に達してい

るか否か等を判定する。そして、機能ブロックＦＰは、ブーム上げ旋回動作が終了しており、且つ、バケット６の爪先が放土開始点に達していると判定した場合、放土動作を開始させることができると判定する。そして、機能ブロックＦＰは、放土動作を開始させることができると判定した場合、自動運転式の無人ショベルにおいて自動的に生成される操作データが機能ブロックＦ３に入力されるようにする。

[0250] この構成により、コントローラ３０は、自動運転式の無人ショベルにおいても、手動運転式の有人ショベルにおける場合と同様に、自律制御による掘削動作を実行できる。

[0251] また、上述の実施形態では、油圧式パイロット回路を備えた油圧式操作システムが開示されている。具体的には、アーム５の操作に関する油圧式パイロット回路では、パイロットポンプ１５から左操作レバー２６Ｌのリモコン弁へ供給される作動油が、左操作レバーの前後方向への操作によって開閉されるリモコン弁の開度に応じた流量で、アーム制御弁としての制御弁１７６のパイロットポートへ伝達される。

[0252] 但し、このような油圧式パイロット回路を備えた油圧式操作システムではなく、電気式パイロット回路を備えた電気式操作レバーを含む電気式操作システムが採用されてもよい。この場合、電気式操作レバーのレバー操作量は、電気信号としてコントローラ３０へ入力される。また、パイロットポンプ１５と各制御弁のパイロットポートとの間には電磁弁が配置される。電磁弁は、コントローラ３０からの電気信号に応じて動作するように構成される。この構成により、電気式操作レバーを用いた手動操作が行われると、コントローラ３０は、レバー操作量に対応する電気信号によって電磁弁を制御してパイロット圧を増減させることで各制御弁をコントロールバルブユニット１７内で移動させることができる。なお、各制御弁は電磁スプール弁で構成されていてもよい。この場合、電磁スプール弁は、電気式操作レバーのレバー操作量に対応するコントローラ３０からの電気信号に応じて動作する。

[0253] 電気式操作レバーを含む電気式操作システムが採用された場合、コントロ

ーラ３０は、油圧式操作レバーを含む油圧式操作システムが採用される場合に比べ、自律制御機能を容易に実行できる。図１１は、電気式操作システムの構成例を示す。具体的には、図１１の電気式操作システムは、ブーム操作システムの一例であり、主に、パイロット圧作動型のコントロールバルブユニット１７と、電気式操作レバーとしての右操作レバー２６Ｒと、コントローラ３０と、ブーム上げ操作用の電磁弁６５と、ブーム下げ操作用の電磁弁６６とで構成されている。図１１の電気式操作システムは、アーム操作システム及びバケット操作システム等にも同様に適用され得る。

[0254] パイロット圧作動型のコントロールバルブユニット１７は、ブームシリンダ７に関する制御弁１７５（図２参照。）、アームシリンダ８に関する制御弁１７６（図２参照。）、及び、バケットシリンダ９に関する制御弁１７４（図２参照。）等を含む。電磁弁６５は、パイロットポンプ１５と制御弁１７５の上げ側パイロットポートとを繋ぐ管路の流路面積を調節できるように構成されている。電磁弁６６は、パイロットポンプ１５と制御弁１７５の下げ側パイロットポートとを繋ぐ管路の流路面積を調節できるように構成されている。

[0255] 手動操作が行われる場合、コントローラ３０は、右操作レバー２６Ｒの操作信号生成部が出力する操作信号（電気信号）に応じてブーム上げ操作信号（電気信号）又はブーム下げ操作信号（電気信号）を生成する。右操作レバー２６Ｒの操作信号生成部が出力する操作信号は、右操作レバー２６Ｒの操作量及び操作方向に応じて変化する電気信号である。

[0256] 具体的には、コントローラ３０は、右操作レバー２６Ｒがブーム上げ方向に操作された場合、レバー操作量に応じたブーム上げ操作信号（電気信号）を電磁弁６５に対して出力する。電磁弁６５は、ブーム上げ操作信号（電気信号）に応じて流路面積を調節し、制御弁１７５の上げ側パイロットポートに作用する、ブーム上げ操作信号（圧力信号）としてのパイロット圧を制御する。同様に、コントローラ３０は、右操作レバー２６Ｒがブーム下げ方向に操作された場合、レバー操作量に応じたブーム下げ操作信号（電気信号）

を電磁弁６６に対して出力する。電磁弁６６は、ブーム下げ操作信号（電気信号）に応じて流路面積を調節し、制御弁１７５の下げ側パイロットポートに作用する、ブーム下げ操作信号（圧力信号）としてのパイロット圧を制御する。

[0257] 自律制御を実行する場合、コントローラ３０は、例えば、右操作レバー２６Ｒの操作信号生成部が出力する操作信号（電気信号）に応じる代わりに、自律制御信号生成部が出力する自律制御信号（電気信号）に応じてブーム上げ操作信号（電気信号）又はブーム下げ操作信号（電気信号）を生成する。自律制御信号は、コントローラ３０が生成する電気信号であってもよく、コントローラ３０以外の外部の制御装置等が生成する電気信号であってもよい。

[0258] ショベル１００が取得する情報は、図１２に示すようなショベルの管理システムＳＹＳを通じ、管理者及び他のショベルの操作者等と共有されてもよい。図１２は、ショベルの管理システムＳＹＳの構成例を示す概略図である。管理システムＳＹＳは、１台又は複数台のショベル１００を管理するシステムである。本実施形態では、管理システムＳＹＳは、主に、ショベル１００、支援装置２００、及び管理装置３００で構成されている。管理システムＳＹＳを構成するショベル１００、支援装置２００、及び管理装置３００のそれぞれは、１台であってもよく、複数台であってもよい。図１２の例では、管理システムＳＹＳは、１台のショベル１００と、１台の支援装置２００と、１台の管理装置３００とを含む。

[0259] 支援装置２００は、典型的には携帯端末装置であり、例えば、施工現場にいる作業者等が携帯するノートＰＣ、タブレットＰＣ、又はスマートフォン等である。支援装置２００は、ショベル１００の操作者が携帯するコンピュータであってもよい。支援装置２００は、固定端末装置であってもよい。

[0260] 管理装置３００は、典型的には固定端末装置であり、例えば、施工現場外の管理センタ等に設置されるサーバコンピュータである。管理装置３００は、可搬性のコンピュータ（例えば、ノートＰＣ、タブレットＰＣ、又はスマ

ートフォン等の携帯端末装置）であってもよい。

[0261] 支援装置２００及び管理装置３００の少なくとも一方は、モニタと遠隔操作用の操作装置とを備えていてもよい。この場合、操作者は、遠隔操作用の操作装置を用いつつ、ショベル１００を操作してもよい。遠隔操作用の操作装置は、例えば、無線通信ネットワーク等の通信ネットワークを通じ、コントローラ３０に接続される。以下では、ショベル１００と管理装置３００との間での情報のやり取りについて説明するが、以下の説明は、ショベル１００と支援装置２００との間での情報のやり取りについても同様に適用される。

[0262] 上述のようなショベル１００の管理システムＳＹＳでは、ショベル１００のコントローラ３０は、自律制御を開始或いは停止させたときの時刻及び場所、自律制御の際に利用された目標軌道、並びに、自律制御の際に所定部位が実際に辿った軌跡等の少なくとも１つに関する情報を管理装置３００に送信してもよい。その際、コントローラ３０は、例えば、周囲監視装置としての撮像装置８０が撮像した画像等を管理装置３００に送信してもよい。画像は、自律制御が実行された期間を含む所定期間中に撮像された複数の画像であってもよい。更に、コントローラ３０は、自律制御が実行された期間を含む所定期間におけるショベル１００の作業内容に関するデータ、ショベル１００の姿勢に関するデータ、及び掘削アタッチメントＡＴの姿勢に関するデータ等の少なくとも１つに関する情報を管理装置３００に送信してもよい。管理装置３００を利用する管理者が、作業現場に関する情報を入手できるようにするためである。ショベル１００の作業内容に関するデータは、例えば、放土動作が行われた回数である積み込み回数、ダンプトラックＤＴの荷台に積み込んだ土砂等の被掘削物に関する情報、積み込み作業に関するダンプトラックＤＴの種類、積み込み作業が行われたときのショベル１００の位置に関する情報、作業環境に関する情報、及び、積み込み作業が行われているときのショベル１００の動作に関する情報等の少なくとも１つである。被掘削物に関する情報は、例えば、各回の掘削動作で掘削された被掘削物の重量

及び種類等、ダンプトラックＤＴに積み込まれた被掘削物の重量及び種類等、及び、１日の積み込み作業で積み込まれた被掘削物の重量及び種類等の少なくとも１つである。作業環境に関する情報は、例えば、ショベル１００の周囲にある地面の傾斜に関する情報、又は、作業現場の周辺の天気に関する情報等である。ショベル１００の動作に関する情報は、例えば、操作圧センサ２９の出力、及び、シリンダ圧センサＳ１０の出力等の少なくとも１つである。

[0263] また、上述の実施形態では、自律制御部３０Ｂは、操作者によるショベル１００の手動操作を自律的に支援するように構成されている。例えば、自律制御部３０Ｂは、操作者が手動でアーム閉じ操作を行っているときに、バケット６の爪先の軌道が目標軌道と一致するようにブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、及び旋回用油圧モータ２Ａの少なくとも１つを動作させる。しかしながら、本発明は、この構成に限定されない。自律制御部３０Ｂは、例えば、操作者が操作装置２６を操作していないときに、バケット６の爪先の軌道が目標軌道と一致するようにブームシリンダ７、アームシリンダ８、バケットシリンダ９、及び旋回用油圧モータ２Ａの少なくとも１つを動作させてもよい。すなわち、自律制御部３０Ｂは、操作者による操作によらずに、掘削アタッチメントＡＴを自律的に動かしてもよい。この場合、自律制御部３０Ｂは、人工知能技術を利用して掘削アタッチメントＡＴを適切に動かすことができるように構成されていてもよい。

[0264] また、コントローラ３０は、ブーム上げ旋回動作中において、土砂等の被掘削物の重量を算出するように構成されていてもよい。コントローラ３０は、例えば、ブーム４に作用するブームフートピン回りの２つのトルクのつり合いに基づいて被掘削物の重量を算出する。２つのトルクは、ブーム４を上昇させる方向に作用する上昇トルク（保持トルク）と、ブーム４を下降させる方向に作用する下降トルク（重力トルク）である。保持トルクは、伸長するブームシリンダ７による推力に基づいて算出され、その推力が大きいほど大きくなる。伸長するブームシリンダ７による推力は、ブームロッド圧セン

サ及びブームボトム圧センサの出力に基づいて算出される。重力トルクは、掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクと、被掘削物の重量によるトルクとを含む。掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクは、掘削アタッチメントＡＴの重心位置とブーム４の回動中心であるブームフートピンとの間の距離と、掘削アタッチメントＡＴの自重とに基づいて算出される。被掘削物の重量によるトルクは、被掘削物の重心位置とブームフートピンとの間の距離と、被掘削物の重量とに基づいて算出される。掘削アタッチメントＡＴの重心位置は、掘削アタッチメントＡＴの姿勢から導き出される。コントローラ３０は、例えば、不揮発性記憶装置に記憶されている、掘削アタッチメントＡＴの姿勢と重心位置との対応関係を規定した参照テーブルを参照して掘削アタッチメントＡＴの重心位置を導き出してもよい。掘削アタッチメントＡＴの姿勢は、姿勢検出装置の出力に基づいて導き出される。掘削アタッチメントＡＴの自重は、既知であり、不揮発性記憶装置に予め記憶されていてもよい。コントローラ３０は、掘削アタッチメントＡＴの姿勢と掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクとの対応関係を規定する参照テーブルを参照して掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクを導き出してもよい。

[0265] そして、コントローラ３０は、保持トルクの大きさから、重力トルクのうちの掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクの大きさを差し引いた分を、重力トルクのうちの被掘削物の重量によるトルクとして算出してもよい。保持トルクの大きさは重力トルクの大きさとつり合っているためである。また、重力トルクは、掘削アタッチメントＡＴの自重によるトルクと、被掘削物の重量によるトルクとの合計であるためである。

[0266] その上で、コントローラ３０は、重力トルクのうちの被掘削物の重量によるトルクの大きさと、被掘削物の重心位置とに基づき、被掘削物の重力を算出できる。被掘削物の重心位置は、例えば、物体検知装置７０の出力に基づいて導き出される被掘削物の形状から算出される。なお、被掘削物の重心位置は、バケット６内の所定点として予め設定されていてもよい。

[0267] 本実施形態では、コントローラ３０は、掘削動作が終了し、ブーム上げ旋

回動作が開始する度に、被掘削物の重量を算出するように構成されている。そして、コントローラ３０は、同じ１台のダンプトラックＤＴに対する積み込みが行われている間は、ブーム上げ旋回動作が開始される毎に算出される被掘削物の重量を積算してダンプトラックＤＴの荷台に積み込まれた被掘削物の総重量を算出する。積み込み対象のダンプトラックＤＴが入れ替わったときには、被掘削物の総重量は、ゼロにリセットされる。

[0268] コントローラ３０は、バケット６内に現に取り込まれている被掘削物の重量とダンプトラックＤＴの荷台に既に積み込まれている被掘削物の総重量との合計がダンプトラックＤＴの最大積載量を上回るおそれがある場合、バケット６内の被掘削物を放土させずに、放土動作を途中で中断させてもよい。この場合、コントローラ３０は、過剰分の被掘削物の重量を算出した上で、その過剰分の被掘削物の体積を算出し、その体積分の被掘削物がバケット６内に残るように放土動作を途中で中断させてもよい。そして、コントローラ３０は、バケット６内に被掘削物を残したまま、バケット６の背面による均し動作を実行してもよい。

[0269] 本願は、２０１９年９月１８日に出願した日本国特許出願２０１９－１６９１７８号に基づく優先権を主張するものであり、この日本国特許出願の全内容を本願に参照により援用する。

符号の説明

[0270] １・・・下部走行体　１Ｃ・・・クローラ　１ＣＬ・・・左クローラ　１ＣＲ・・・右クローラ　２・・・旋回機構　２Ａ・・・旋回用油圧モータ　２Ｍ・・・走行用油圧モータ　２ＭＬ・・・左走行用油圧モータ　２ＭＲ・・・右走行用油圧モータ　３・・・上部旋回体　４・・・ブーム　５・・・アーム　６・・・バケット　７・・・ブームシリンダ　８・・・アームシリンダ　９・・・バケットシリンダ　１０・・・キャビン　１１・・・エンジン　１３・・・レギュレータ　１４・・・メインポンプ　１５・・・パイロットポンプ　１７・・・コントロールバルブユニット　１８・・・絞り　１９・・・制御圧センサ　２６・・・操作装置　２６Ｄ・・・走行レバー　２

６ＤＬ・・・左走行レバー　２６ＤＲ・・・右走行レバー　２６Ｌ・・・左操作レバー　２６Ｒ・・・右操作レバー　２８・・・吐出圧センサ　２９、２９ＤＬ、２９ＤＲ、２９ＬＡ、２９ＬＢ、２９ＲＡ、２９ＲＢ・・・操作圧センサ　３０・・・コントローラ　３０Ａ・・・軌道生成部　３０Ｂ・・・自律制御部　３１、３１ＡＬ～３１ＤＬ、３１ＡＲ～３１ＤＲ・・・比例弁　３２、３２ＡＬ～３２ＤＬ、３２ＡＲ～３２ＤＲ・・・シャトル弁　３３、３３ＡＬ～３３ＤＬ、３３ＡＲ～３３ＤＲ・・・比例弁　４０・・・センターバイパス管路　４２・・・パラレル管路　４３・・・入力装置　６５、６６・・・電磁弁　７０・・・物体検知装置　７０Ｆ・・・前センサ　７０Ｂ・・・後センサ　７０Ｌ・・・左センサ　７０Ｒ・・・右センサ　８０・・・撮像装置　８０Ｂ・・・後カメラ　８０Ｆ・・・前カメラ　８０Ｌ・・・左カメラ　８０Ｒ・・・右カメラ　１００・・・ショベル　１７１～１７６・・・制御弁　２００・・・支援装置　３００・・・管理装置　ＡＴ・・・掘削アタッチメント　ＢＤ・・・荷台　Ｄ１・・・表示装置　Ｄ２・・・音出力装置　ＤＴ・・・ダンプトラック　Ｆ１～Ｆ６、ＦＡ～ＦＰ・・・機能ブロック　ＦＲ・・・フロントパネル　ＬＤ、ＬＤ１～ＬＤ３・・・積載物　ＮＳ・・・スイッチ　ＲＧ・・・リヤゲート　Ｓ１・・・ブーム角度センサ　Ｓ２・・・アーム角度センサ　Ｓ３・・・バケット角度センサ　Ｓ４・・・機体傾斜センサ　Ｓ５・・・旋回角速度センサ　Ｓ６・・・旋回スプール変位センサ　Ｓ７・・・ブームスプール変位センサ　Ｓ８・・・アームスプール変位センサ　Ｓ９・・・バケットスプール変位センサ　Ｓ１０・・・シリンダ圧センサ　ＳＰ１～ＳＰ６・・・空間　ＳＹＳ・・・管理システム　Ｔ１・・・通信装置　ＴＬ、ＴＬ１～ＴＬ４・・・目標軌道

請求の範囲

[請求項1] 下部走行体と、

前記下部走行体に旋回可能に搭載された上部旋回体と、

前記上部旋回体に設けられた制御装置と、を有し、

前記制御装置は、ダンプトラックの位置を認識して放土動作に関する目標軌道を生成するように構成されている、

ショベル。

[請求項2] 前記目標軌道は、ダンプトラックの前後方向に沿って設定される、

請求項１に記載のショベル。

[請求項3] 前記目標軌道は、ダンプトラックの荷台の底面に沿って所定の高さに設定される、

請求項１に記載のショベル。

[請求項4] 前記制御装置は、前記目標軌道上の各点に対応してバケット角度を設定する、

請求項１に記載のショベル。

[請求項5] 前記制御装置は、ダンプトラックの荷台に積み込まれた積載物の形状に基づいてバケット角度を制御する、

請求項１に記載のショベル。

[請求項6] 前記制御装置は、バケットの背面とダンプトラックとの距離を検出する、

請求項１に記載のショベル。

補正された請求の範囲
[2021年2月8日(08.02.2021)国際事務局受理]

[請求項1] 下部走行体と、
前記下部走行体に旋回可能に搭載された上部旋回体と、
前記上部旋回体に設けられた制御装置と、を有し、
前記制御装置は、ダンプトラックの位置を認識して放土動作に関する目標軌道を生成するように構成されている、
ショベル。

[請求項2] 前記目標軌道は、ダンプトラックの前後方向に沿って設定される、
請求項１に記載のショベル。

[請求項3] 前記目標軌道は、ダンプトラックの荷台の底面に沿って所定の高さに設定される、
請求項１に記載のショベル。

[請求項4] 前記制御装置は、前記目標軌道上の各点に対応してバケット角度を設定する、
請求項１に記載のショベル。

[請求項5] 前記制御装置は、ダンプトラックの荷台に積み込まれた積載物の形状に基づいてバケット角度を制御する、
請求項１に記載のショベル。

[請求項6] 前記制御装置は、バケットの背面とダンプトラックとの距離を検出する、
請求項１に記載のショベル。

[請求項7] （追加）前記制御装置は、放土動作毎に目標軌道を変更する、
請求項１に記載のショベル。

[請求項8] （追加）前記制御装置は、放土動作毎に新たに形成された積載物の高さを求める、
請求項１に記載のショベル。

[請求項9] （追加）前記制御装置は、新たに形成された積載物の高さが所定の高さを超えると前記積載物の上面をバケットの背面で均すように前記バ

ケットを動作させる、

請求項１に記載のショベル。

[請求項10] （追加） 前記制御装置は、放土動作毎に新たに形成された積載物の幅を求める、

請求項１に記載のショベル。

[請求項11] （追加）前記制御装置は、放土動作の終了点をフロントパネルから間隔だけ後方に離れた位置に設定する、

請求項１に記載のショベル。

[請求項12] （追加）下部走行体と、前記下部走行体に旋回可能に搭載された上部旋回体とを有するショベルの制御装置であって、

ダンプトラックの位置を認識して放土動作に関する目標軌道を生成するように構成されている、

ショベルの制御装置。

[請求項13] （追加）放土動作毎に目標軌道を変更する、

請求項１２に記載のショベルの制御装置。

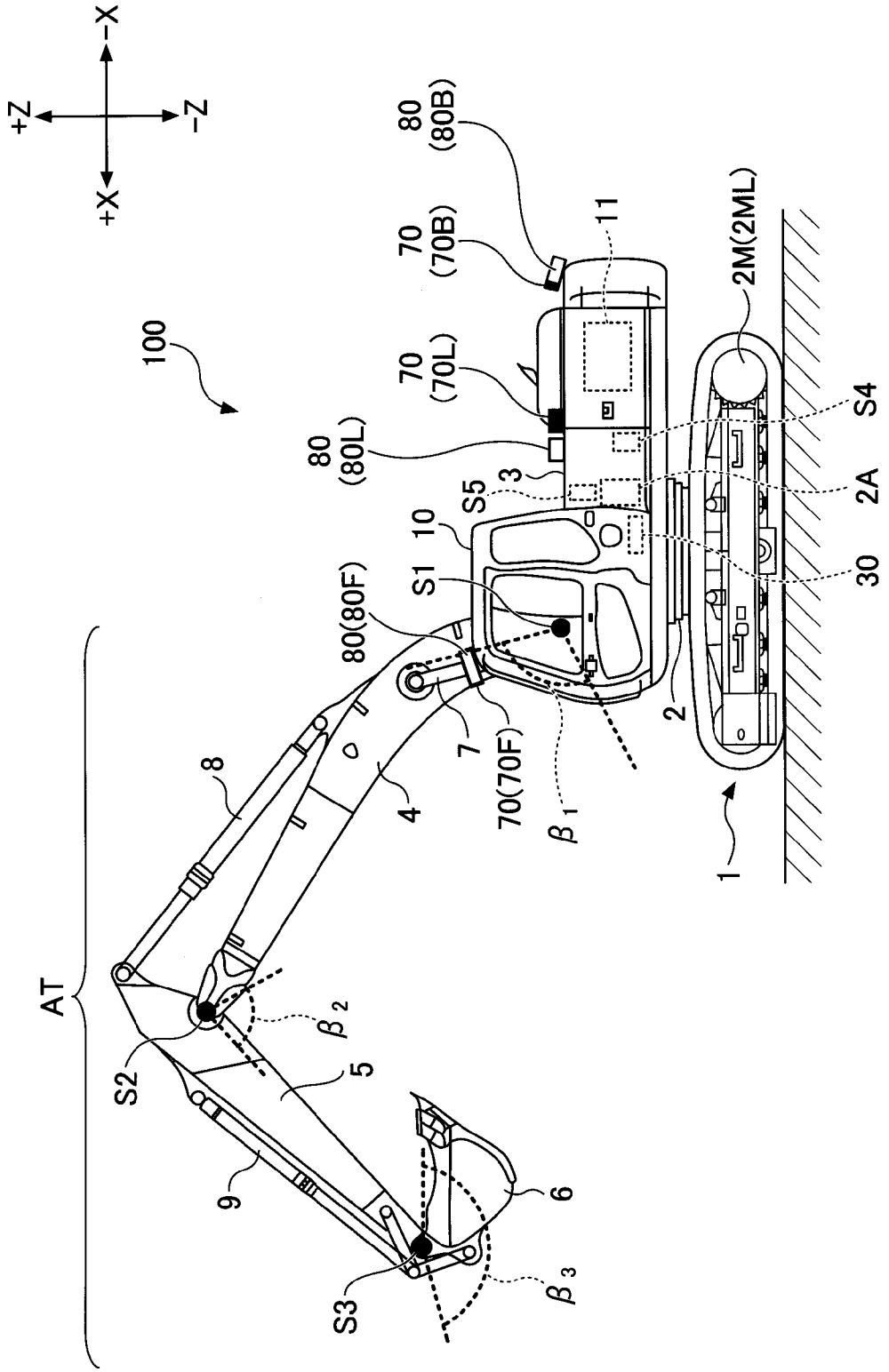
[請求項14] （追加）放土動作毎に新たに形成された積載物の高さを求める、

請求項１２に記載のショベルの制御装置。

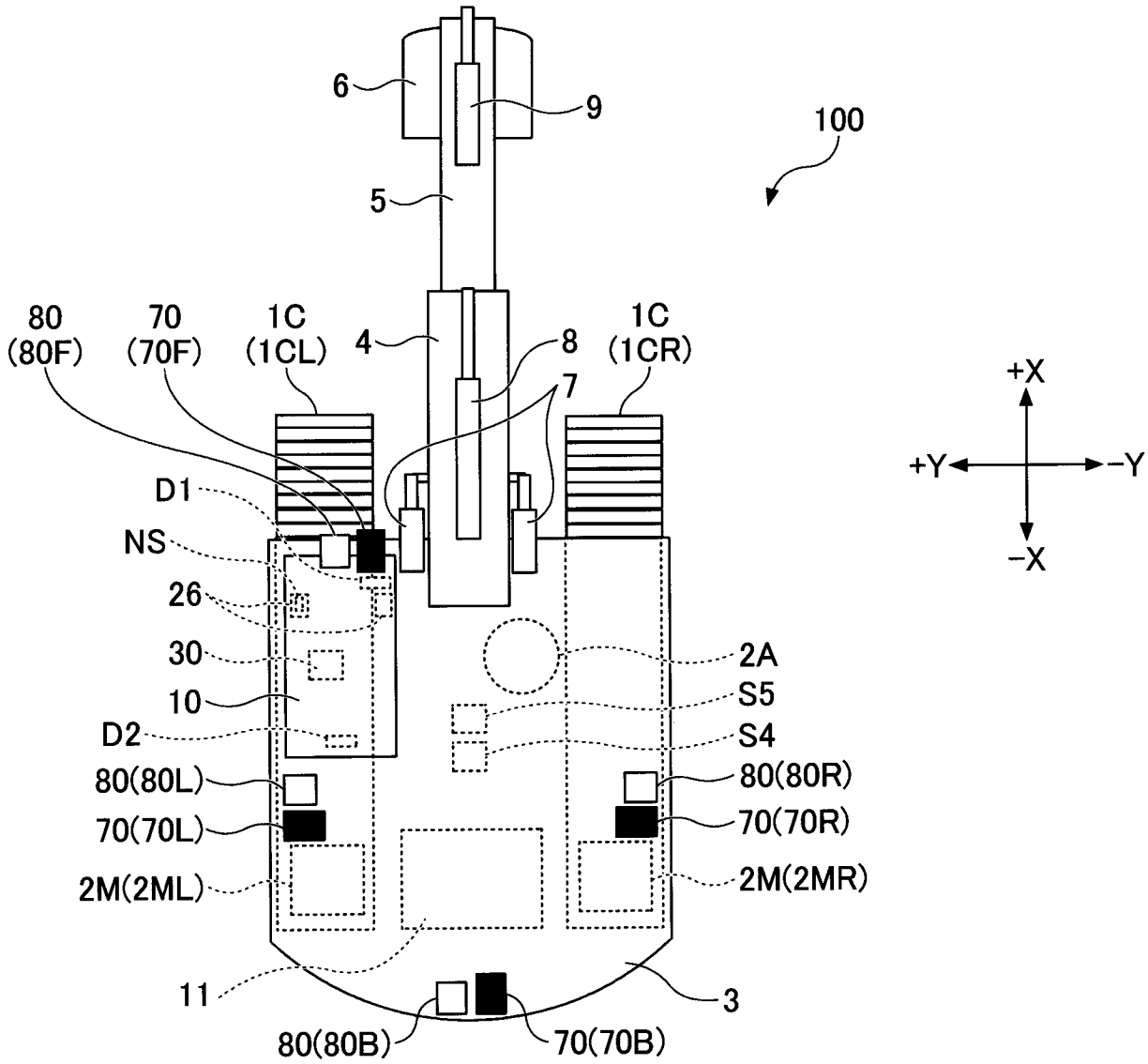
[請求項15] （追加） 新たに形成された積載物の高さが所定の高さを超えると前記積載物の上面をバケットの背面で均すように前記バケットを動作させる、

請求項１２に記載のショベルの制御装置。

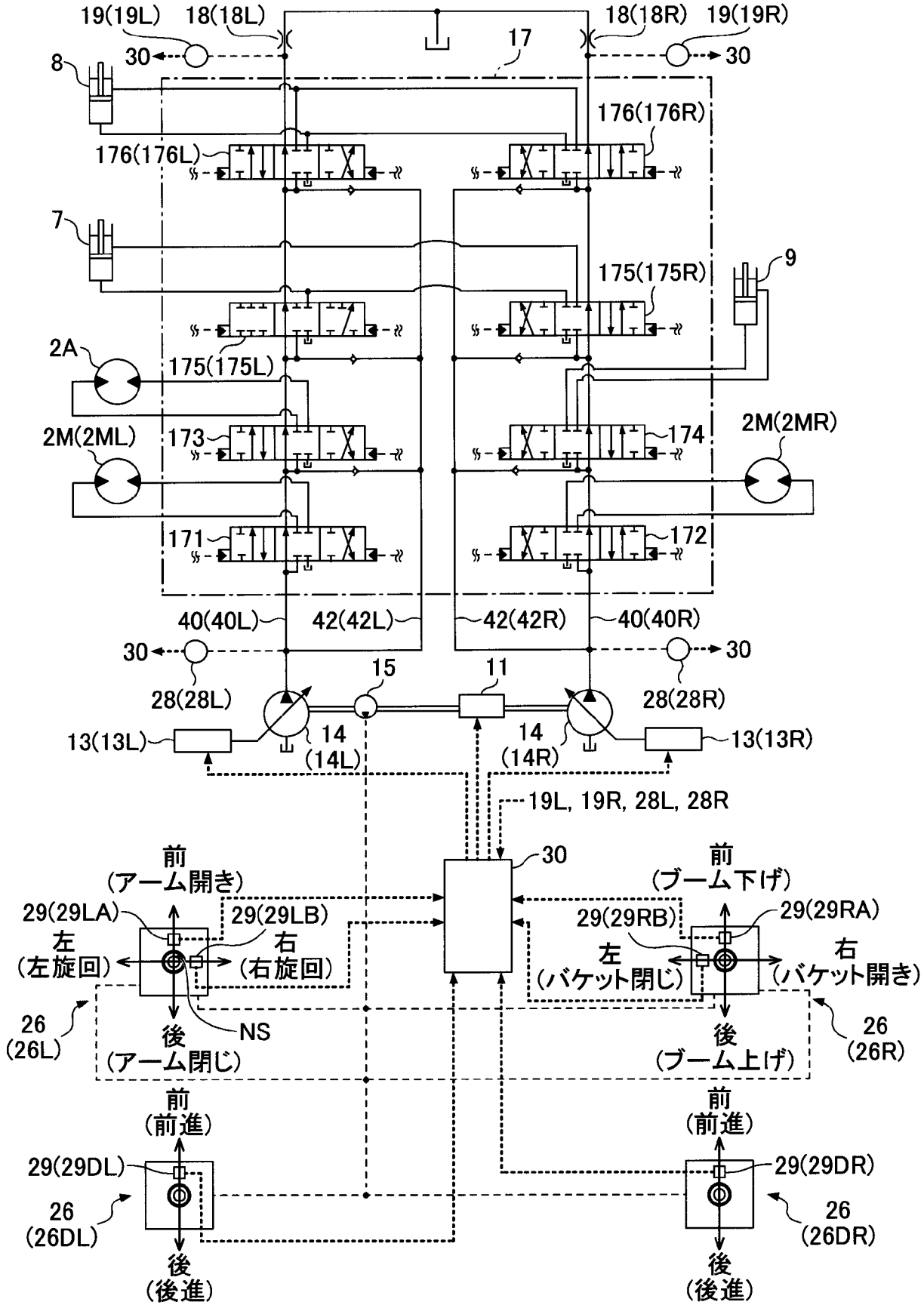
[図1A]


+X
-X
+Z
-Z
100
AT
80
(80B)
70
(70B)
11
2M(2ML)
70
(70L)
80
(80L)
S5
3
S4
2A
30
S1
10
80(80F)
7
70(70F)
β1
2
1
8
4
β2
S2
5
9
6
S3
β3

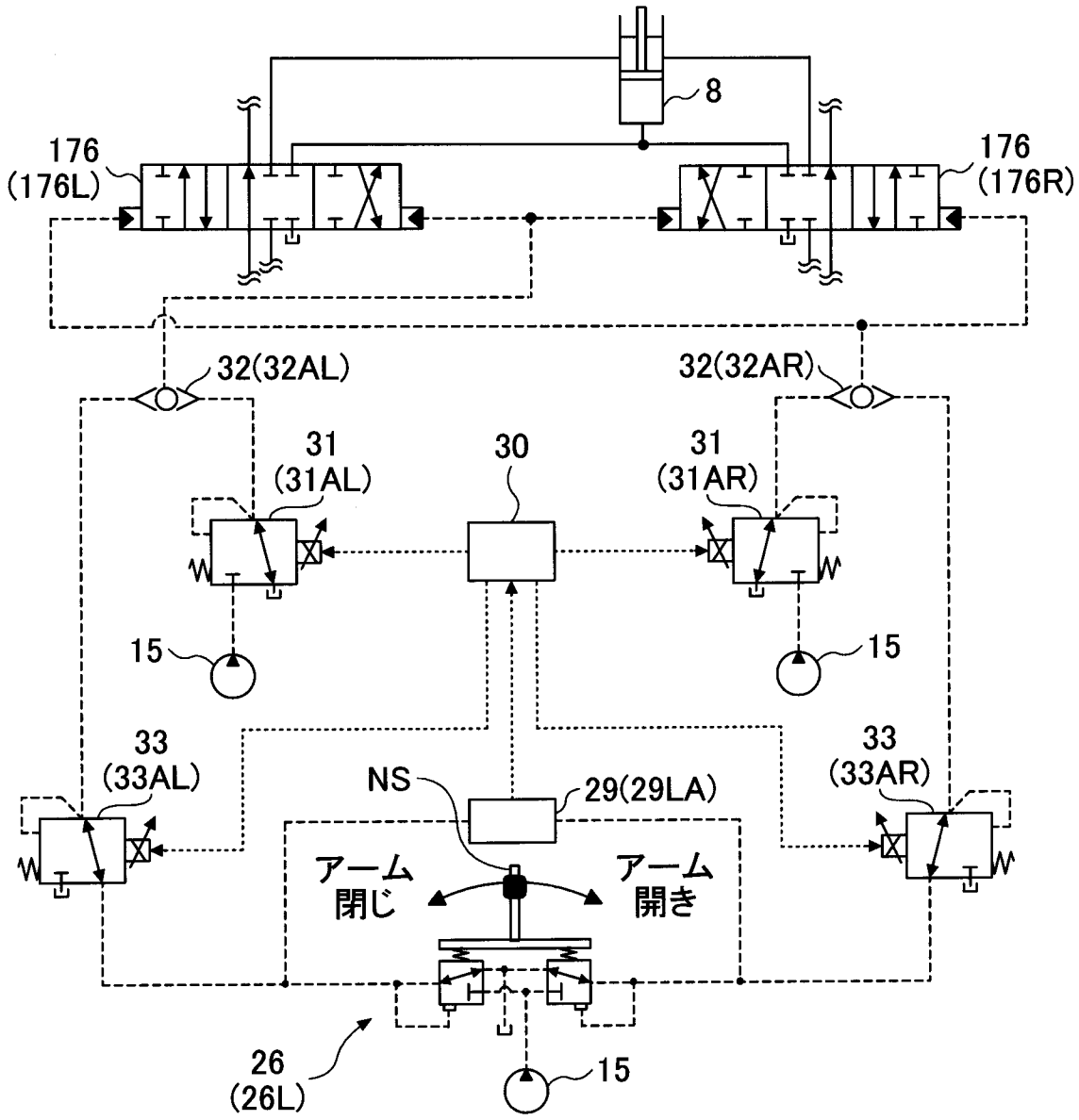
[図1B]


6
9
100
5
80
(80F)
70
(70F)
1C
(1CL)
4
8
7
1C
(1CR)
+X
+Y
-Y
-X
D1
NS
26
30
10
D2
80(80L)
70(70L)
2M(2ML)
2A
S5
S4
80(80R)
70(70R)
2M(2MR)
11
3
80(80B)
70(70B)

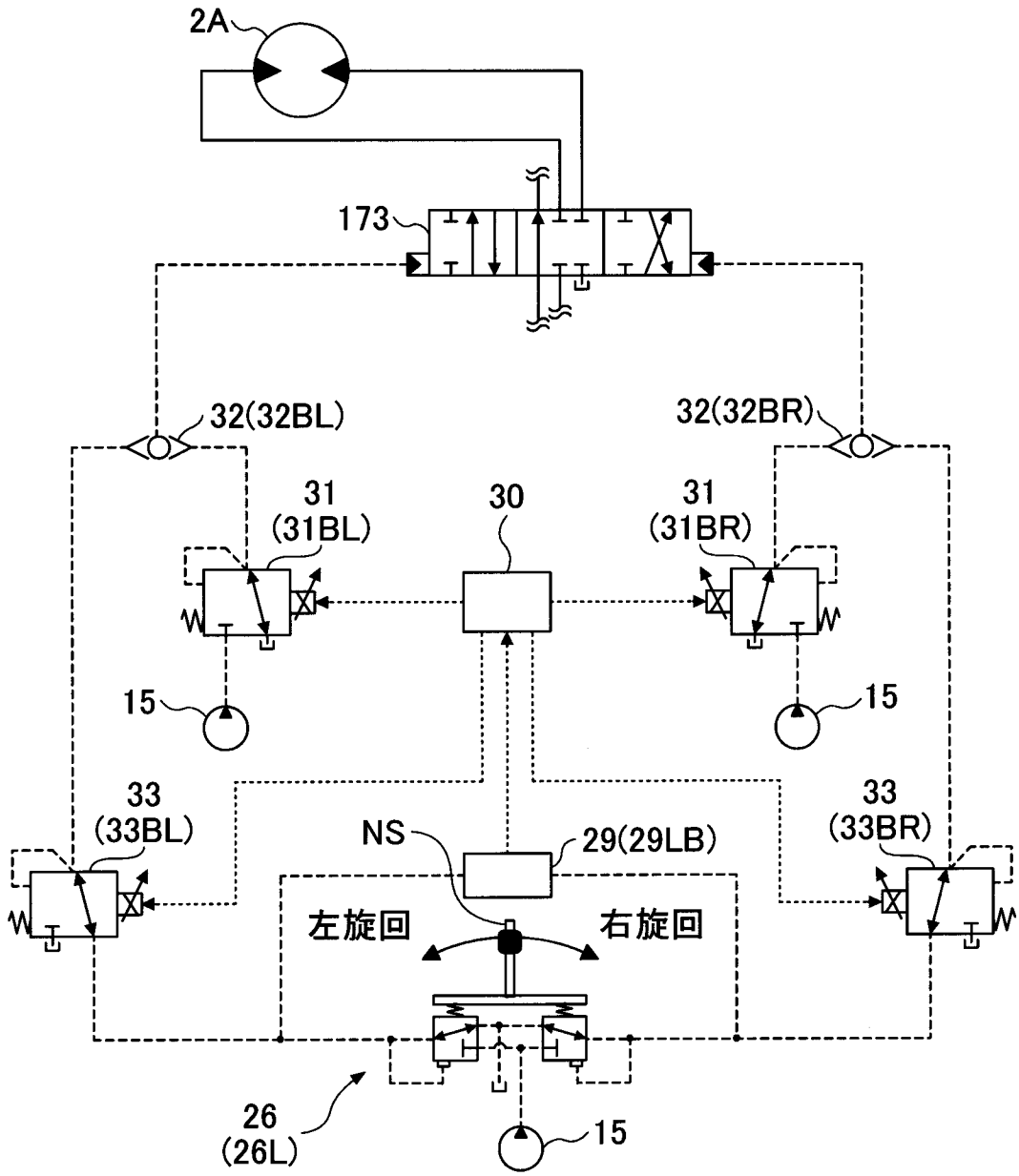
[図2]


19(19L)
18(18L)
18(18R)
19(19R)
17
30
8
176(176R)
176(176L)
7
9
175(175R)
2A
175(175L)
2M(2ML)
173
174
2M(2MR)
171
172
40(40L)
42(42L)
42(42R)
40(40R)
15
11
28(28L)
28(28R)
13(13L)
14
(14L)
14
(14R)
13(13R)
19L, 19R, 28L, 28R
前
(アーム開き)
29(29LA)
29(29LB)
左
(左旋回)
右
(右旋回)
後
(アーム閉じ)
NS
26
(26L)
前
(ブーム下げ)
29(29RB)
29(29RA)
左
(バケット閉じ)
右
(バケット開き)
後
(ブーム上げ)
26
(26R)
前
(前進)
29(29DL)
26
(26DL)
後
(後進)
前
(前進)
29(29DR)
26
(26DR)
後
(後進)

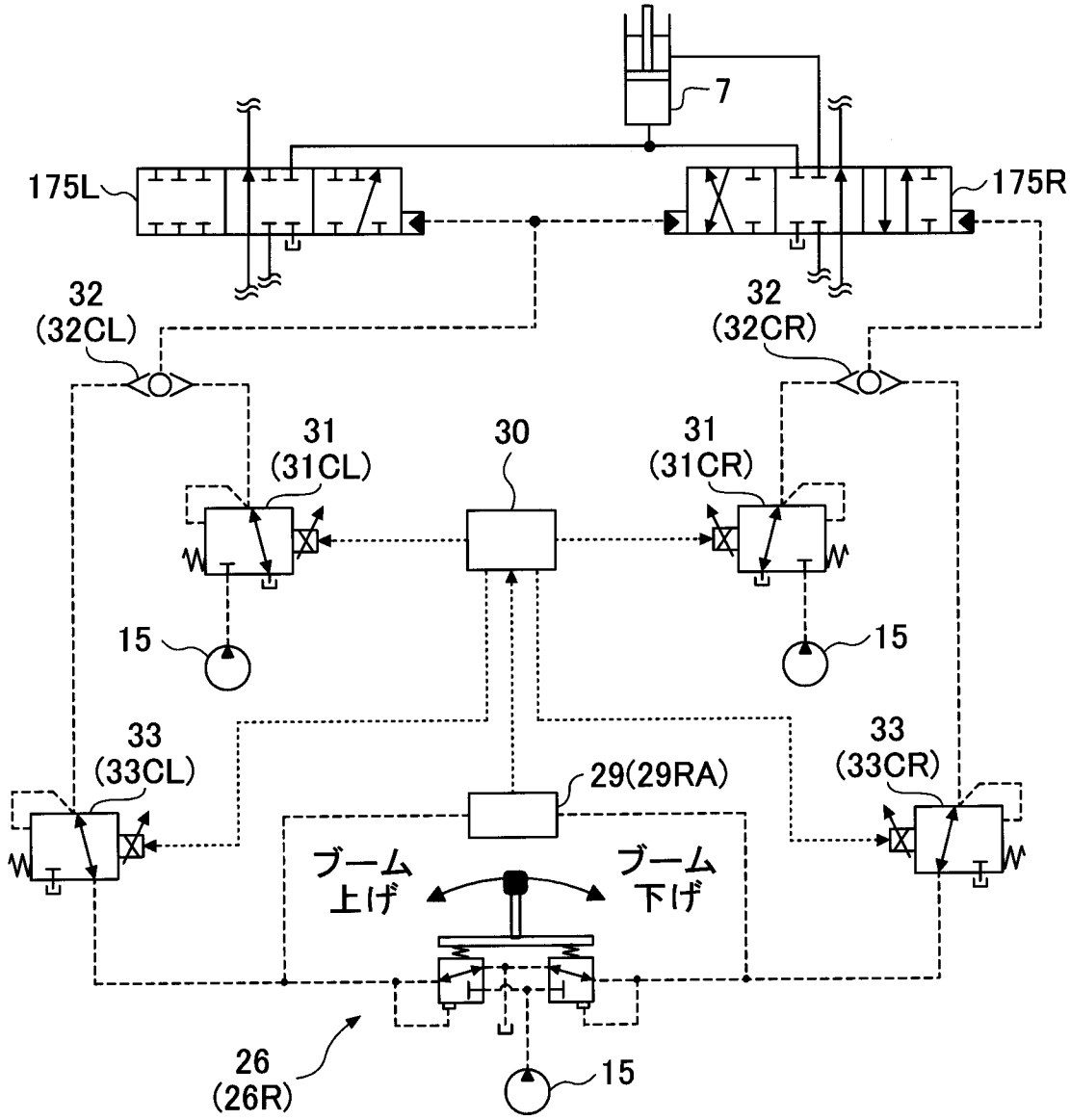
[図3A]


8
176
(176L)
176
(176R)
32(32AL)
32(32AR)
31
(31AL)
30
31
(31AR)
15
15
33
(33AL)
NS
29(29LA)
33
(33AR)
アーム
閉じ
アーム
開き
26
(26L)
15

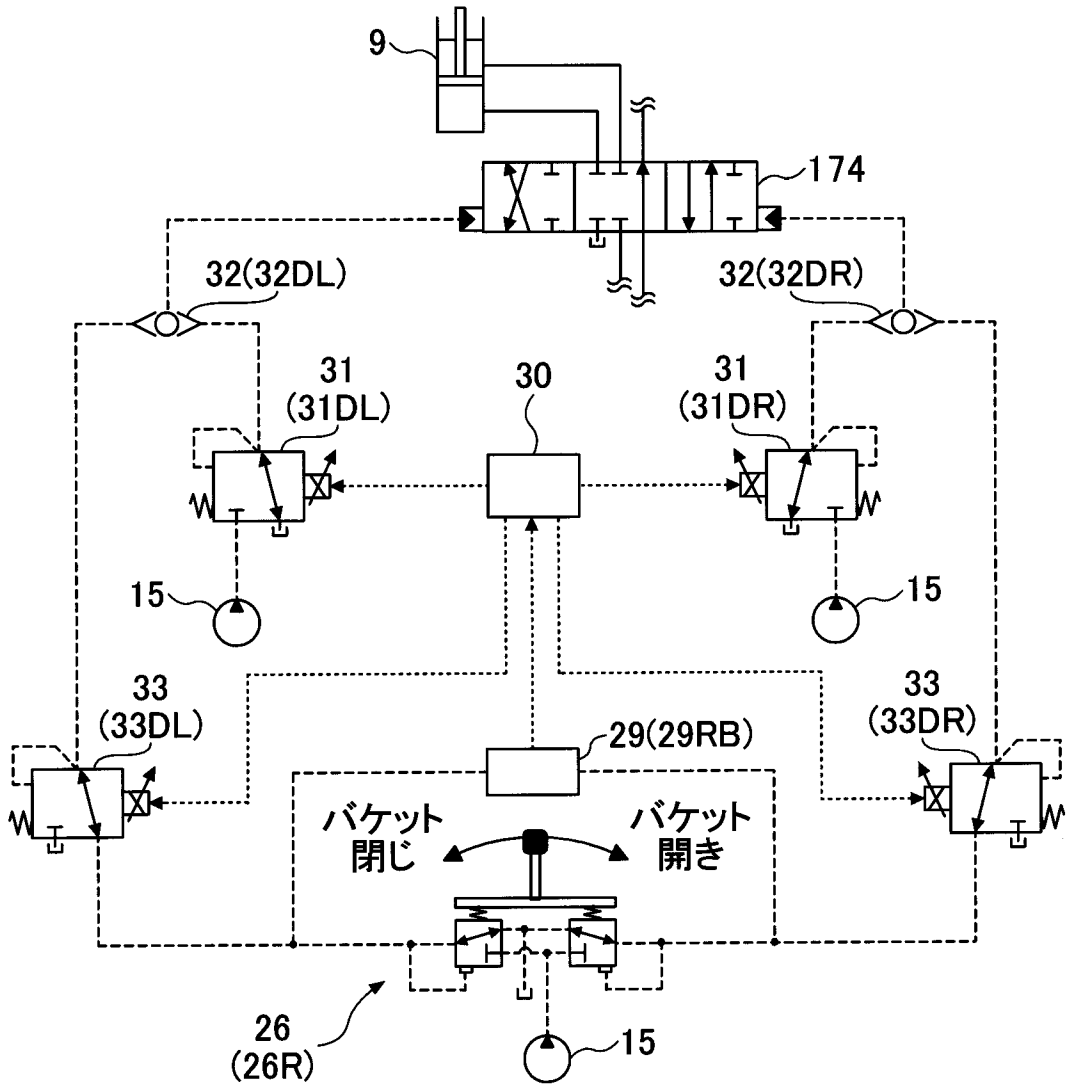
[図3B]


2A
173
32(32BL)
32(32BR)
31
(31BL)
30
31
(31BR)
15
15
33
(33BL)
NS
29(29LB)
33
(33BR)
左旋回
右旋回
26
(26L)
15

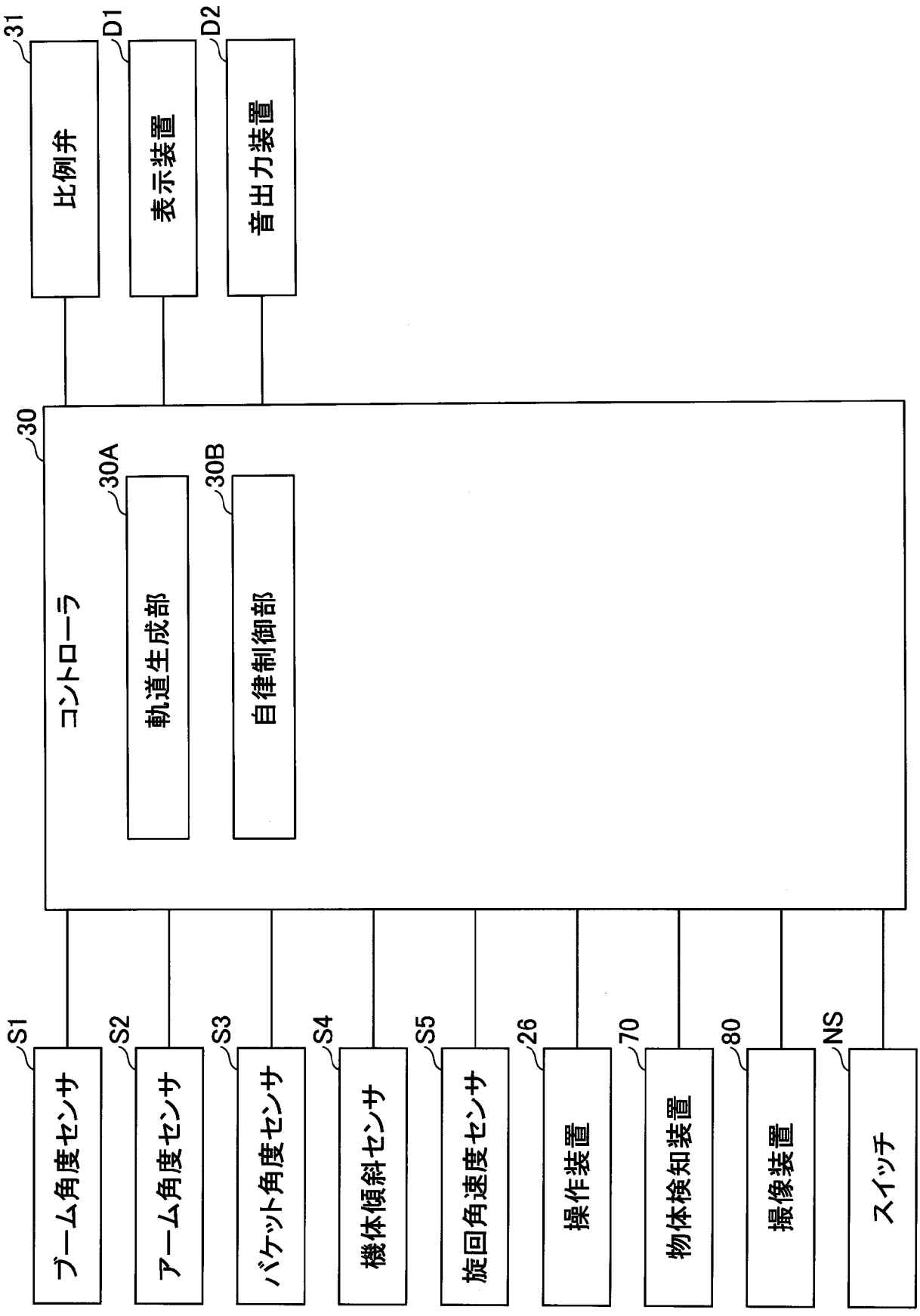
[図3C]


7
175L
175R
32
(32CL)
32
(32CR)
31
(31CL)
30
31
(31CR)
15
15
33
(33CL)
29(29RA)
33
(33CR)
ブーム
上げ
ブーム
下げ
26
(26R)
15

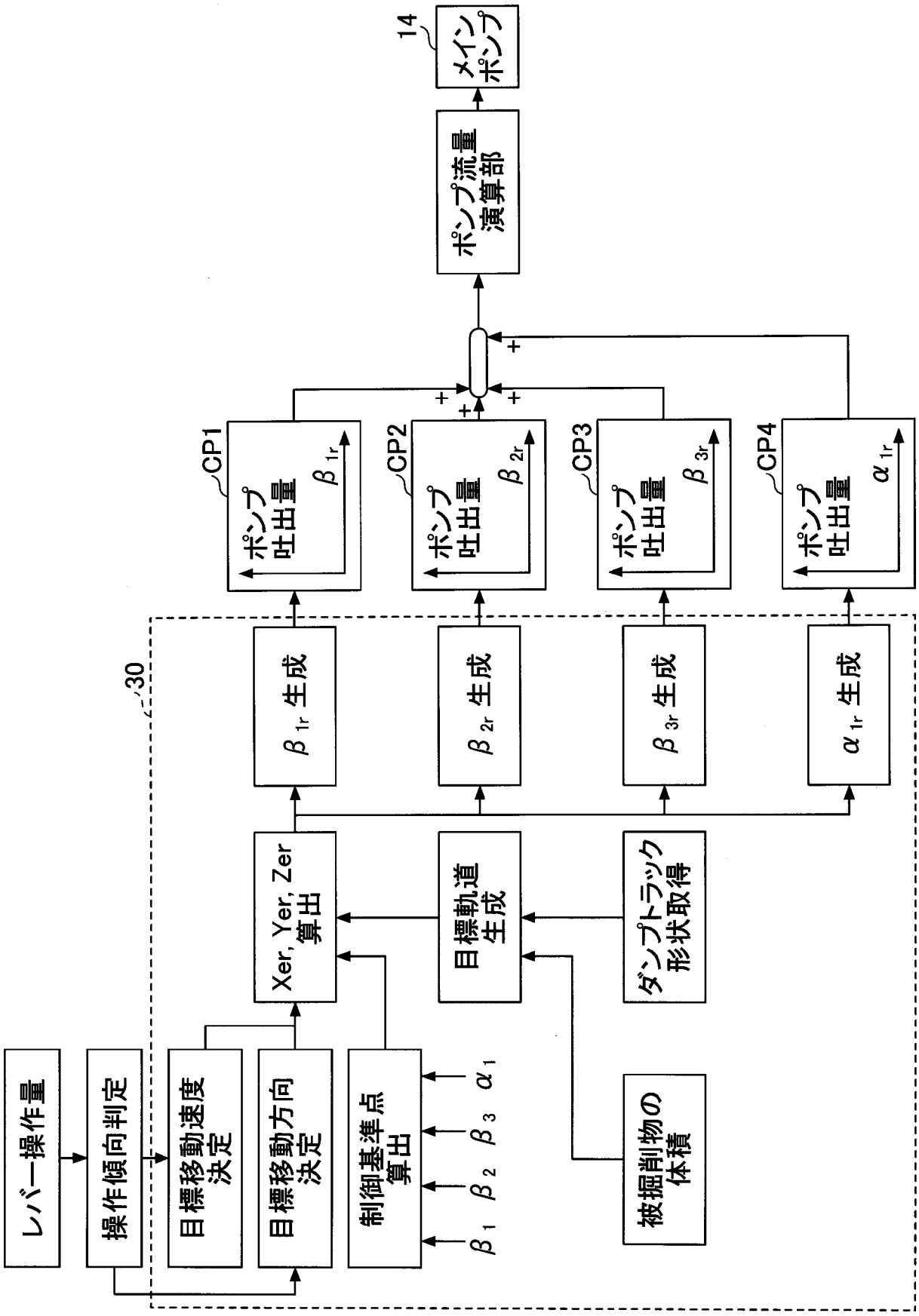
[図3D]


9
174
32(32DL)
32(32DR)
31
(31DL)
30
31
(31DR)
15
15
33
(33DL)
29(29RB)
33
(33DR)
バケット
閉じ
バケット
開き
26
(26R)
15

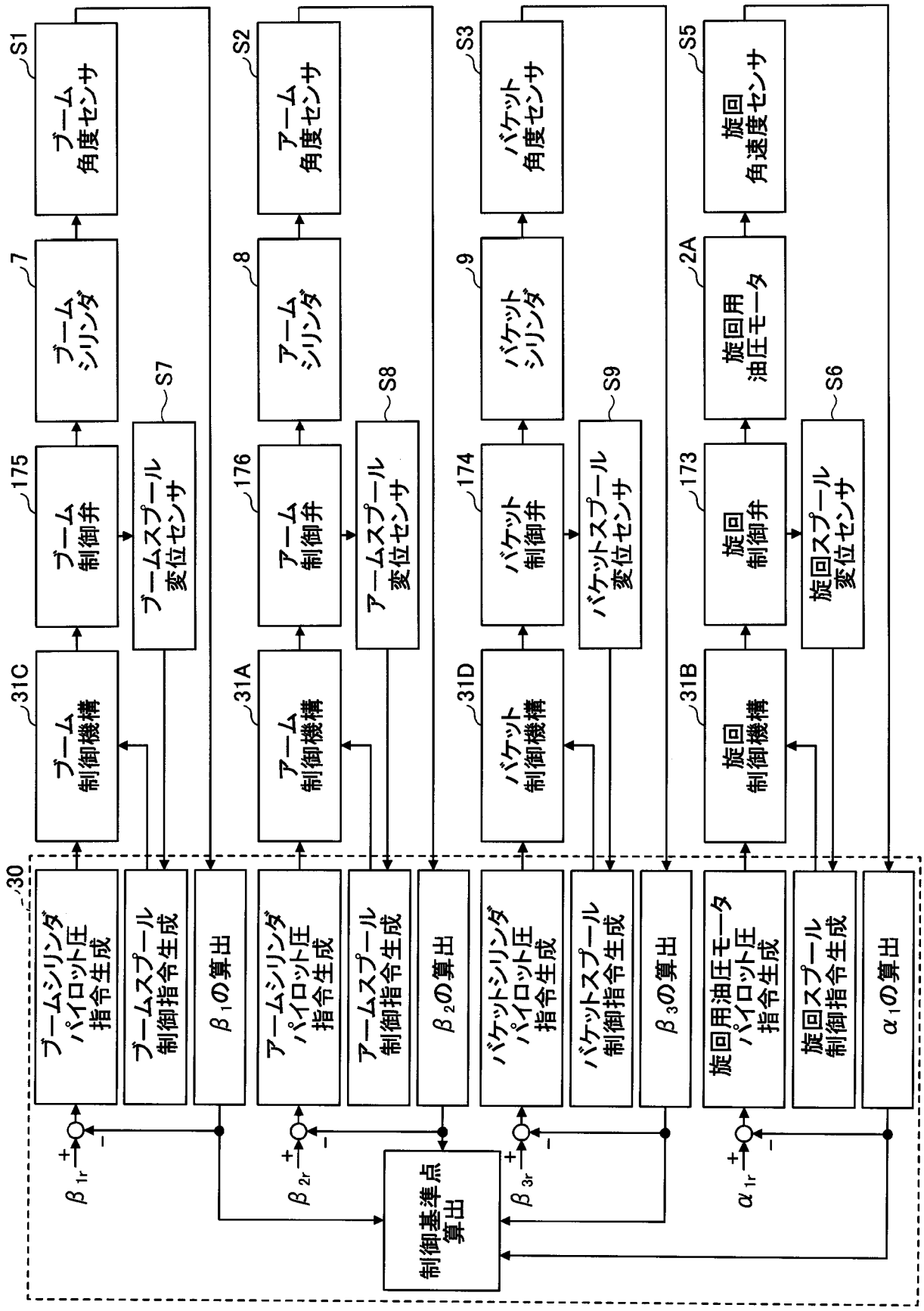
[図4]


31
比例弁
D1
表示装置
D2
音出力装置
30
コントローラ
30A
軌道生成部
30B
自律制御部
S1
ブーム角度センサ
S2
アーム角度センサ
S3
バケット角度センサ
S4
機体傾斜センサ
S5
旋回角速度センサ
26
操作装置
70
物体検知装置
80
撮像装置
NS
スイッチ

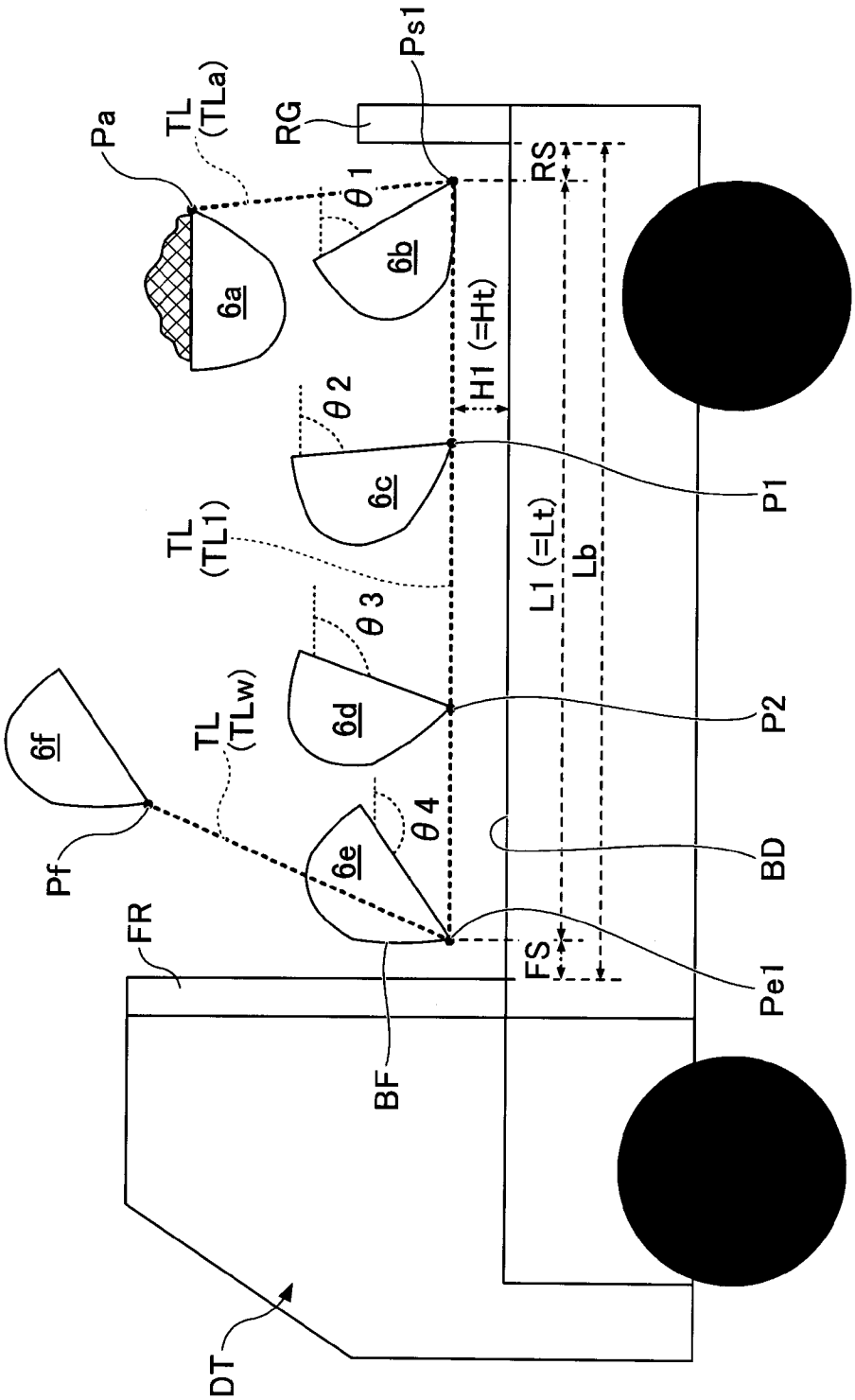
[図5]


14
メインポンプ
ポンプ流量演算部
CP1
ポンプ吐出量 β1r
CP2
ポンプ吐出量 β2r
CP3
ポンプ吐出量 β3r
CP4
ポンプ吐出量 α1r
+
+
+
+
30
β1r 生成
β2r 生成
β3r 生成
α1r 生成
Xer, Yer, Zer 算出
目標軌道生成
ダンプトラック形状取得
レバー操作量
操作傾向判定
目標移動速度決定
目標移動方向決定
制御基準点算出
β1 β2 β3 α1
被掘削物の体積

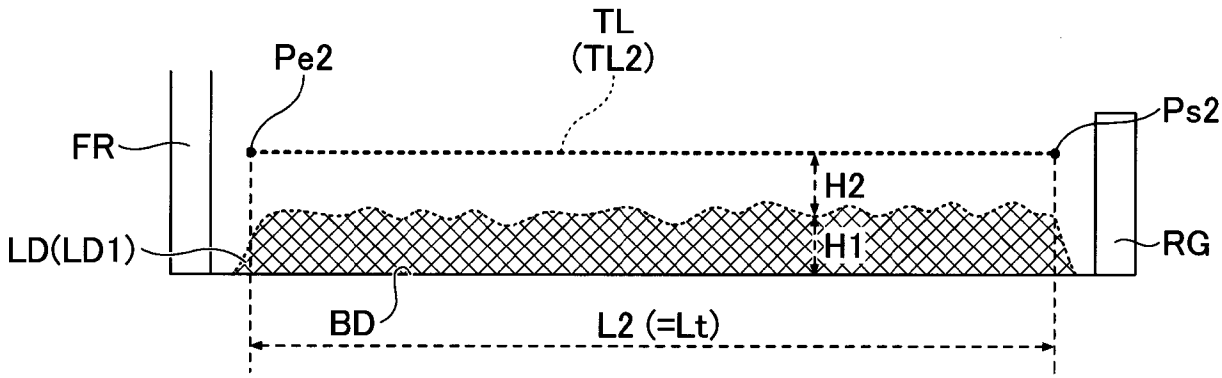
[図6]


S1
ブーム
角度センサ
7
ブーム
シリンダ
175
ブーム
制御弁
S7
ブームスプール
変位センサ
31C
ブーム
制御機構
S2
アーム
角度センサ
8
アーム
シリンダ
176
アーム
制御弁
S8
アームスプール
変位センサ
31A
アーム
制御機構
S3
バケット
角度センサ
9
バケット
シリンダ
174
バケット
制御弁
S9
バケットスプール
変位センサ
31D
バケット
制御機構
S5
旋回
角速度センサ
2A
旋回用
油圧モータ
173
旋回
制御弁
S6
旋回スプール
変位センサ
31B
旋回
制御機構
30
ブームシリンダ
パイロット圧
指令生成
ブームスプール
制御指令生成
β1の算出
アームシリンダ
パイロット圧
指令生成
アームスプール
制御指令生成
β2の算出
バケットシリンダ
パイロット圧
指令生成
バケットスプール
制御指令生成
β3の算出
旋回用油圧モータ
パイロット圧
指令生成
旋回スプール
制御指令生成
α1の算出
制御基準点
算出
β1r
β2r
β3r
α1r
+
−

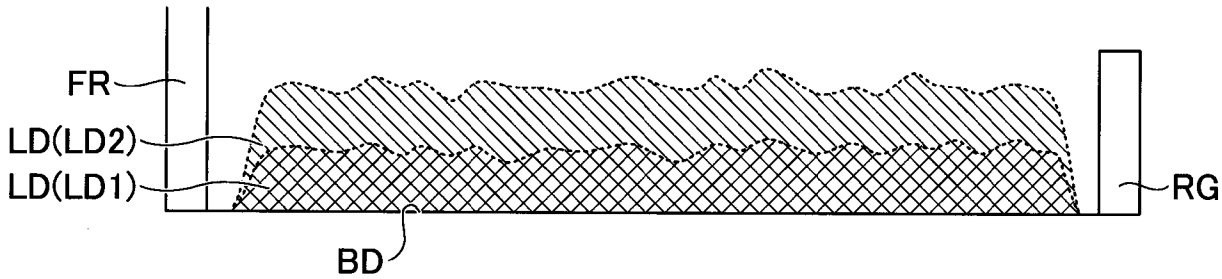
[図7A]


Pa
TL
(TLa)
RG
Ps1
θ1
RS
6a
6b
H1 (=Ht)
θ2
6c
P1
TL
(TL1)
L1 (=Lt)
Lb
θ3
6d
P2
6f
TL
(TLw)
Pf
θ4
6e
BD
FR
FS
Pe1
BF
DT

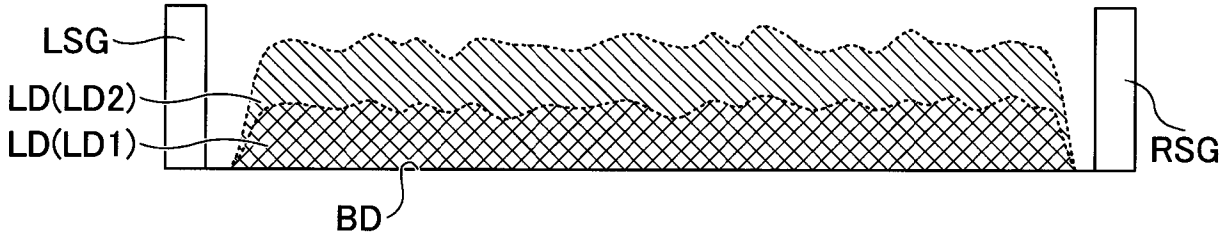
[図7B]



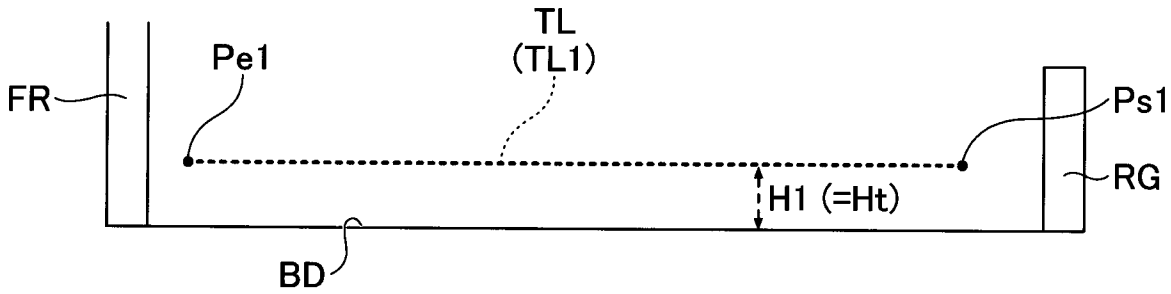
[図7C]



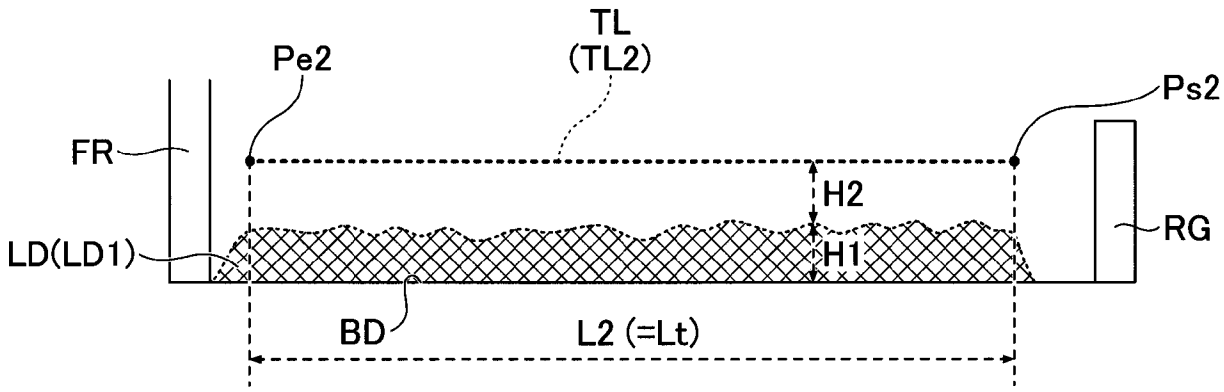
[図7D]



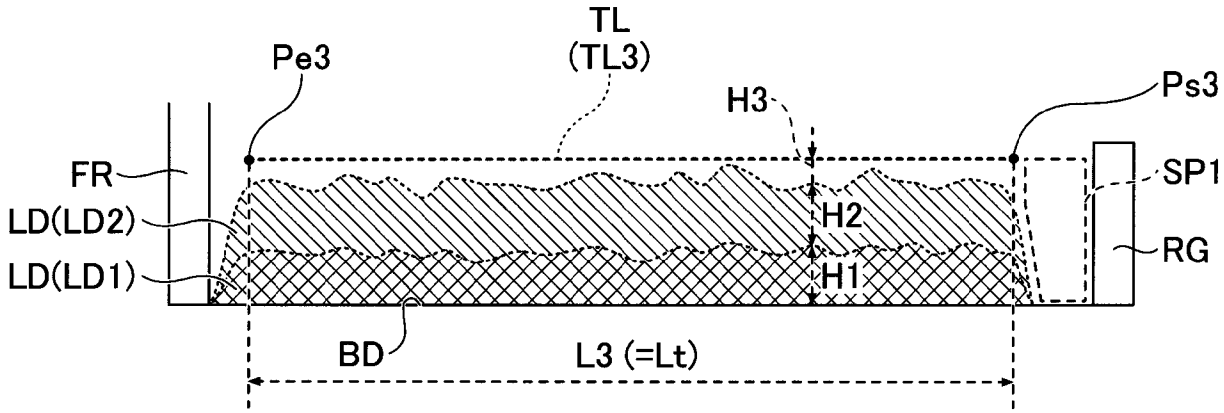
[図8A]



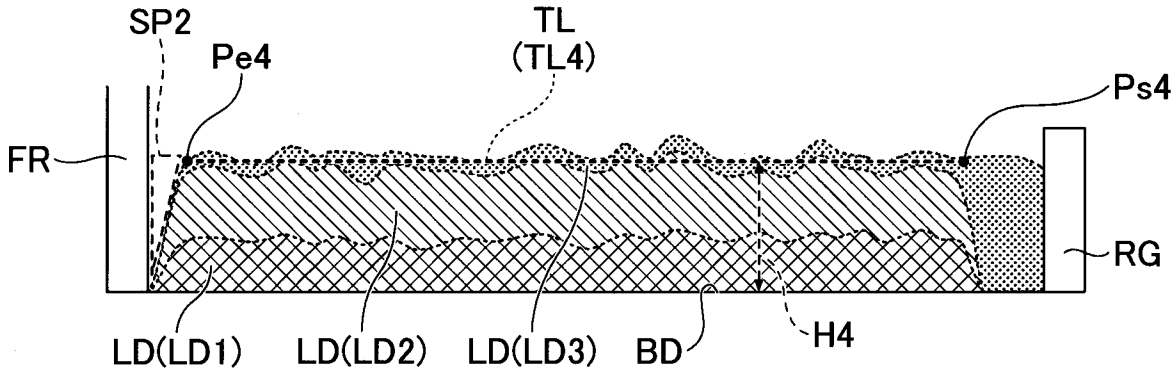
[図8B]


TL
(TL2)
Pe2
Ps2
FR
H2
RG
LD(LD1)
H1
BD
L2 (=Lt)

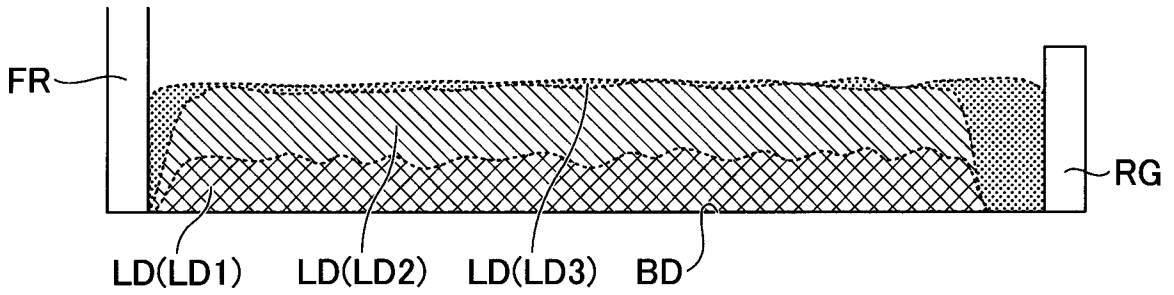
[図8C]


TL
(TL3)
Pe3
H3
Ps3
FR
SP1
LD(LD2)
H2
RG
LD(LD1)
H1
BD
L3 (=Lt)

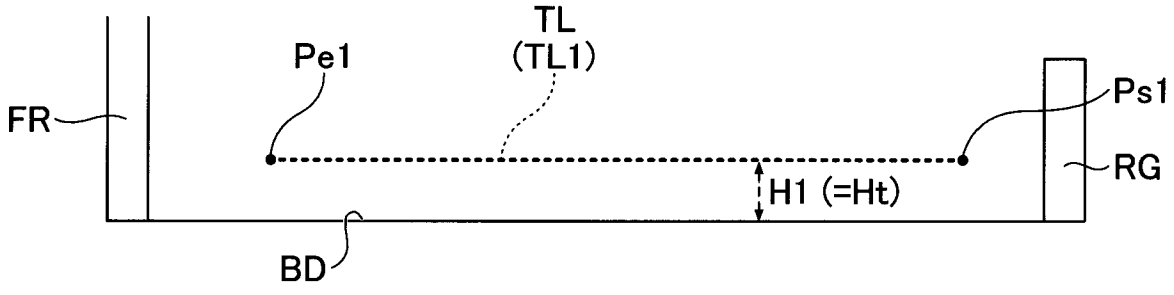
[図8D]


SP2
Pe4
TL
(TL4)
Ps4
FR
RG
LD(LD1)
LD(LD2)
LD(LD3)
BD
H4

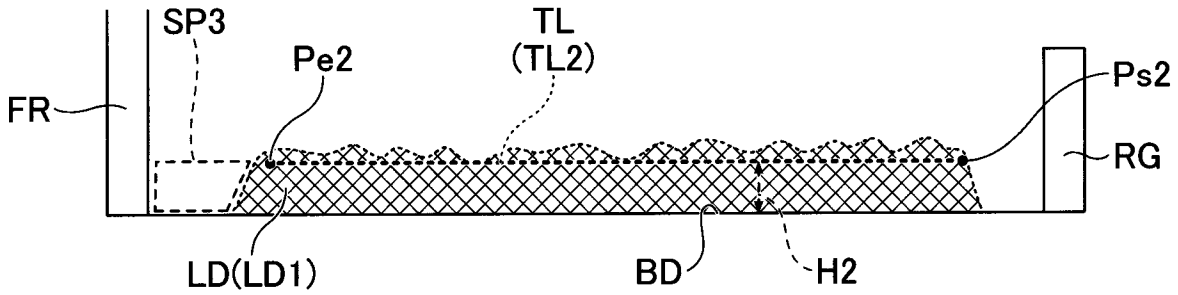
[図8E]


FR
RG
LD(LD1)
LD(LD2)
LD(LD3)
BD

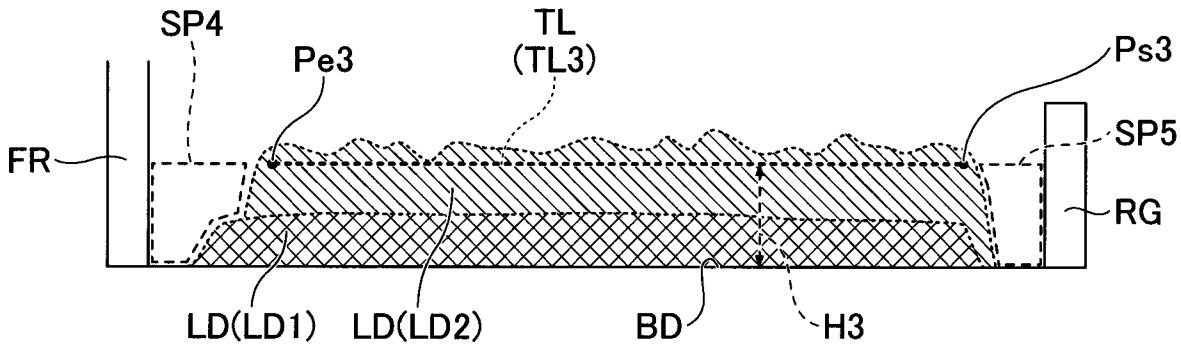
[図9A]


TL
(TL1)
Pe1
Ps1
FR
RG
H1 (=Ht)
BD

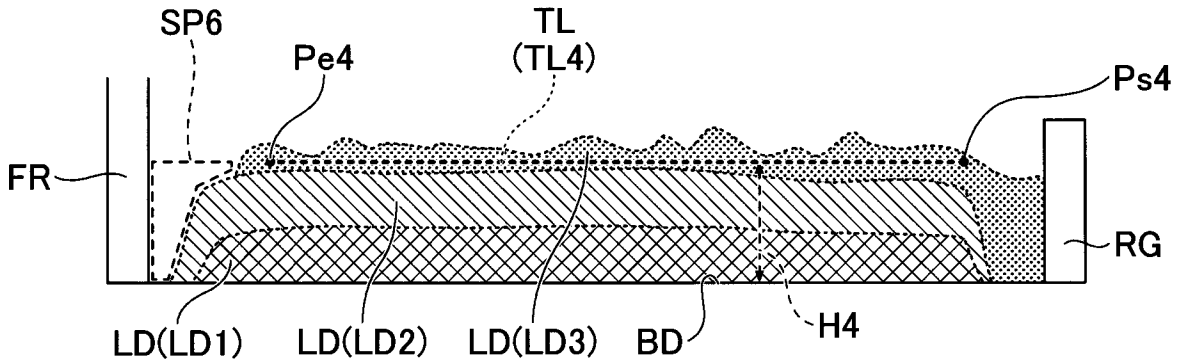
[図9B]


SP3
Pe2
TL
(TL2)
Ps2
FR
RG
LD(LD1)
BD
H2

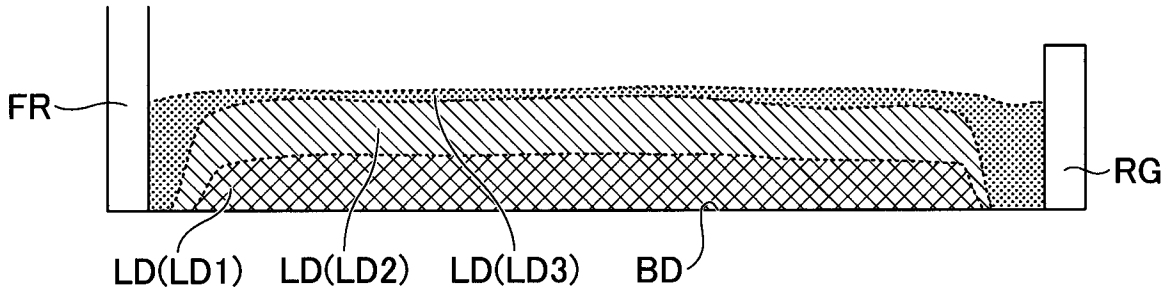
[図9C]


SP4
Pe3
TL
(TL3)
Ps3
SP5
FR
RG
LD(LD1)
LD(LD2)
BD
H3

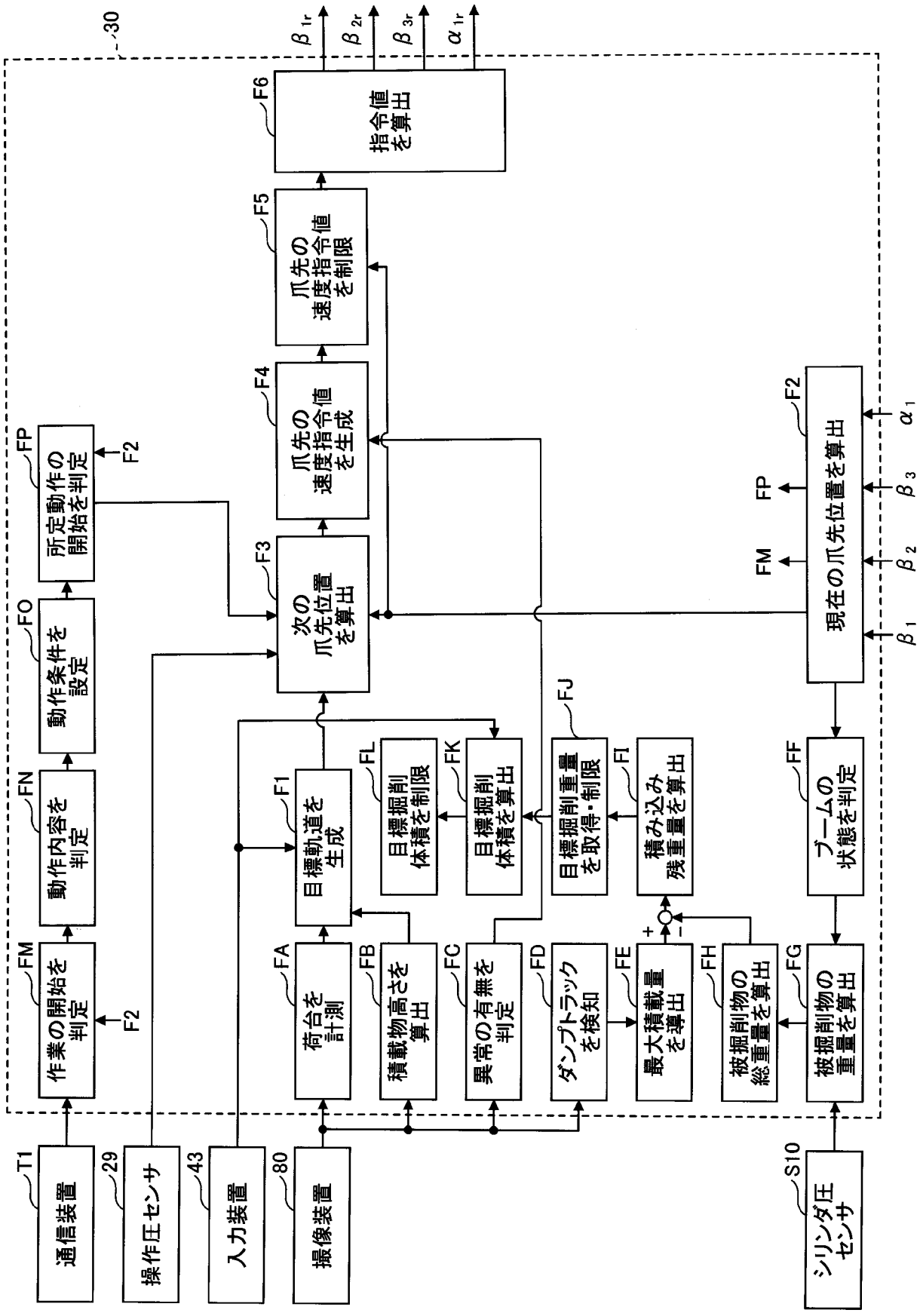
[図9D]


SP6
Pe4
TL
(TL4)
Ps4
FR
RG
LD(LD1)
LD(LD2)
LD(LD3)
BD
H4

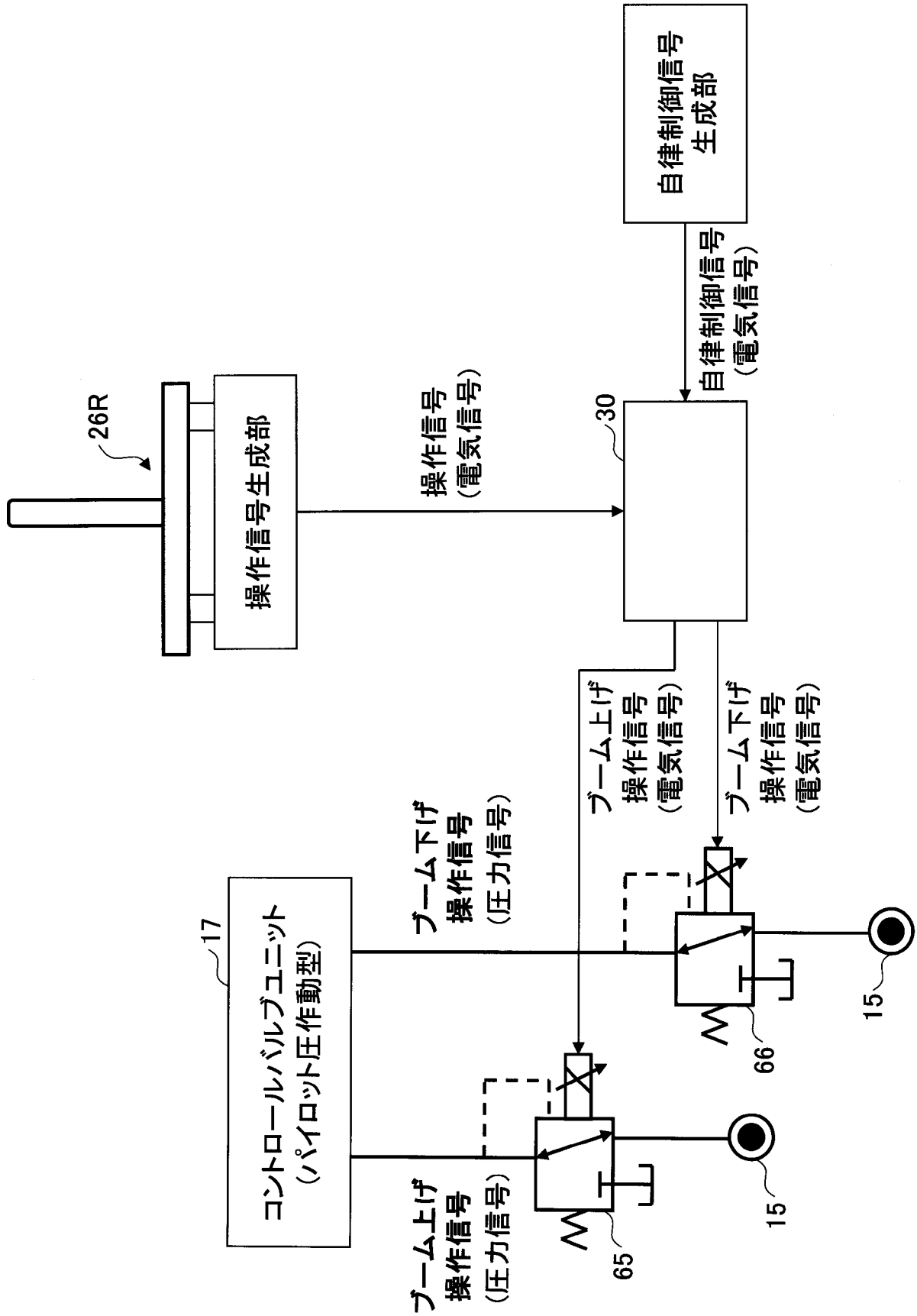
[図9E]



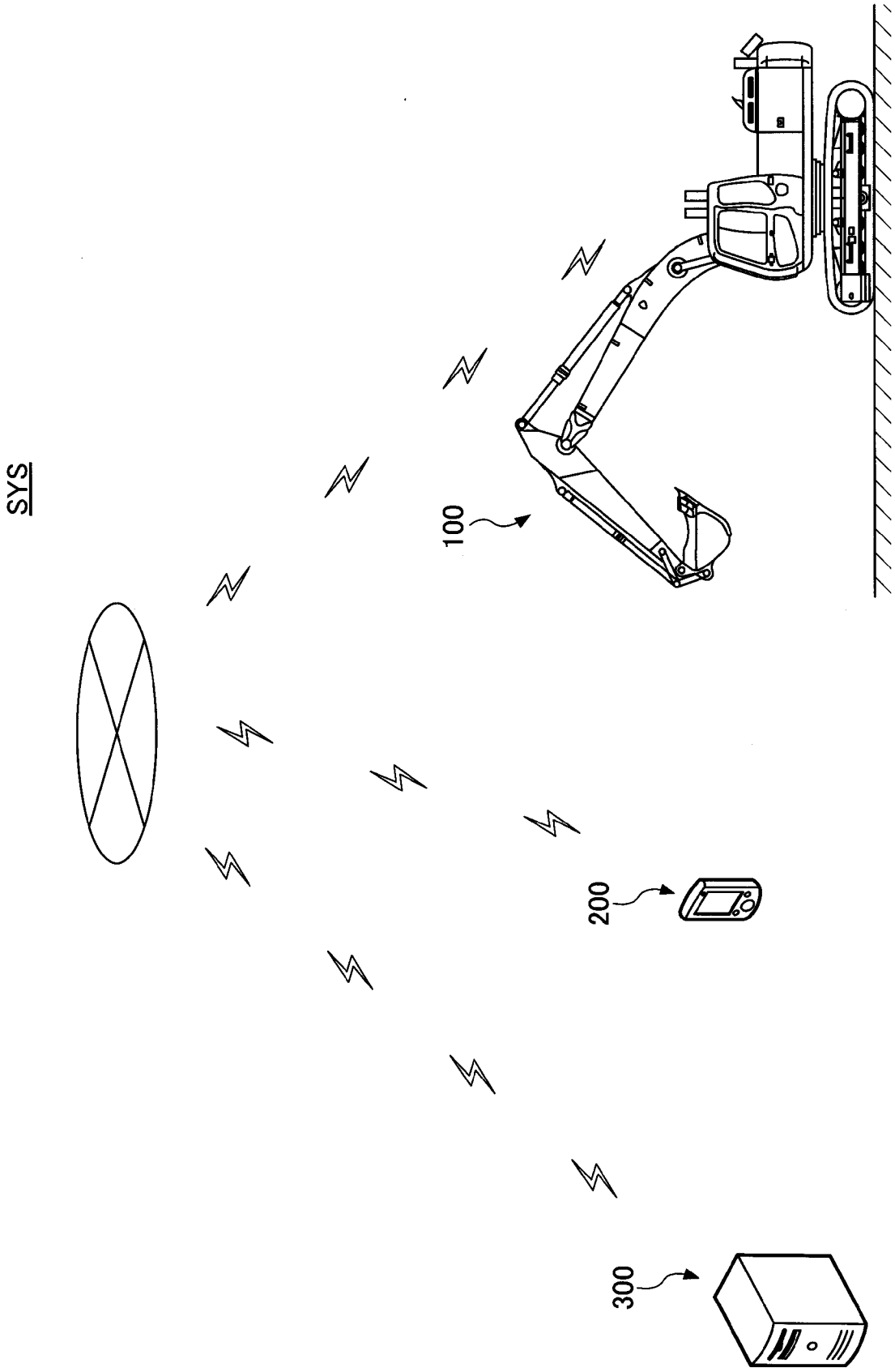
[図10]


30
通信装置
T1
操作圧センサ
29
入力装置
43
撮像装置
80
シリンダ圧センサ
S10
作業の開始を判定
FM
動作内容を判定
FN
動作条件を設定
FO
所定動作の開始を判定
FP
F2
荷台を計測
FA
積載物高さを算出
FB
異常の有無を判定
FC
ダンプトラックを検知
FD
最大積載量を導出
FE
被掘削物の総重量を算出
FH
被掘削物の重量を算出
FG
目標軌道を生成
F1
目標掘削体積を制限
FL
目標掘削体積を算出
FK
目標掘削重量を取得・制限
FJ
積み込み残重量を算出
FI
ブームの状態を判定
FF
次の爪先位置を算出
F3
爪先の速度指令値を生成
F4
爪先の速度指令値を制限
F5
指令値を算出
F6
現在の爪先位置を算出
F2
FM
FP
β1
β2
β3
α1
β1r
β2r
β3r
α1r

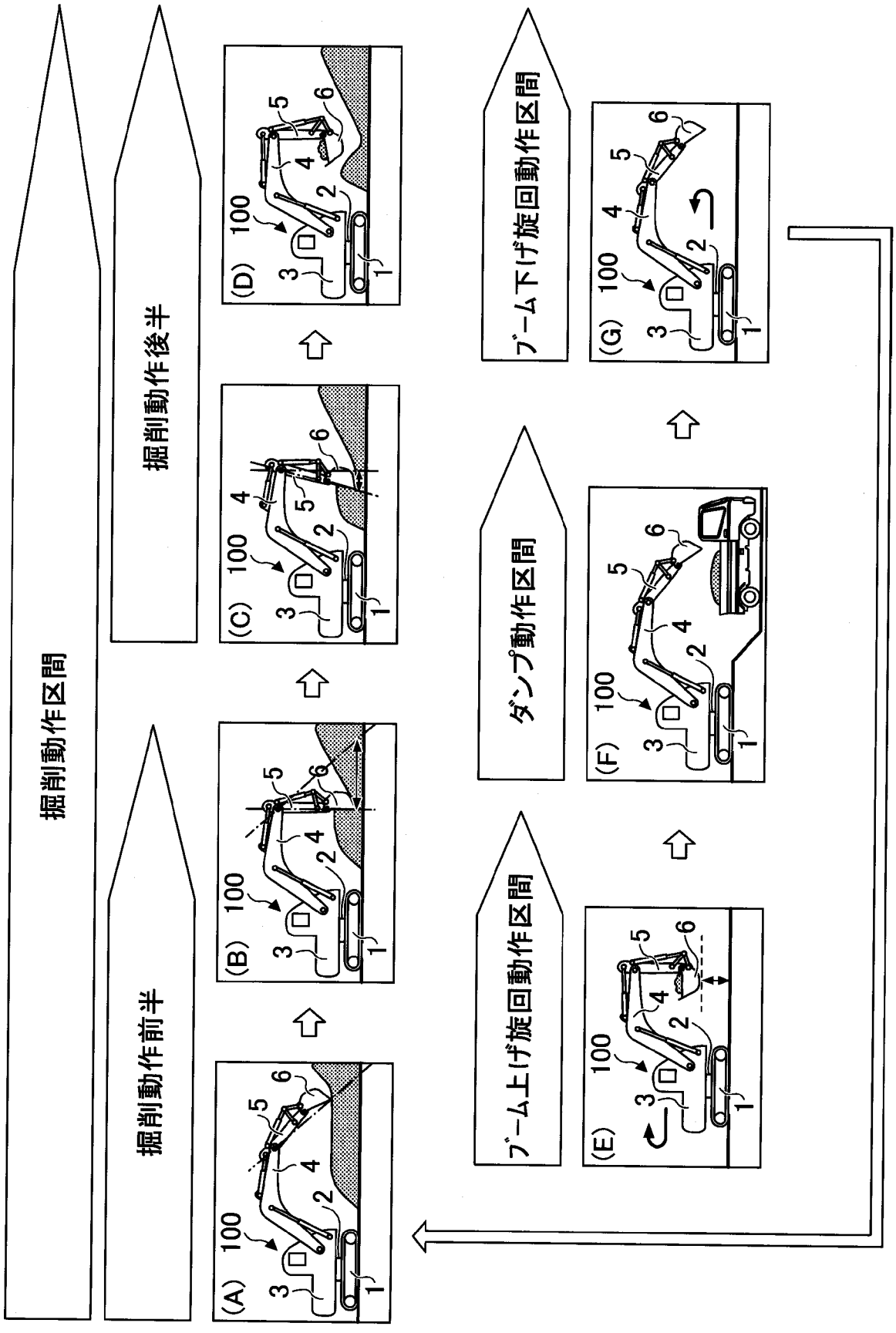
[図11]


26R
操作信号生成部
操作信号
(電気信号)
30
自律制御信号
生成部
自律制御信号
(電気信号)
ブーム上げ
操作信号
(電気信号)
ブーム下げ
操作信号
(電気信号)
17
コントロールバルブユニット
(パイロット圧作動型)
ブーム下げ
操作信号
(圧力信号)
ブーム上げ
操作信号
(圧力信号)
65
66
15
15

[図12]



[図13]


掘削動作区間
掘削動作前半
掘削動作後半
ダンプ動作区間
ブーム上げ旋回動作区間
ブーム下げ旋回動作区間
(A)
(B)
(C)
(D)
(E)
(F)
(G)
100
1
2
3
4
5
6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/035425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. E02F3/43(2006.01)i, E02F9/26(2006.01)i
FI: E02F9/26A, E02F3/43E

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. E02F3/43, E02F9/20-9/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2016-89559 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.; HITACHI, LTD.) 23 May 2016 (2016-05-23), paragraphs [0117]-[0122]	1-3 6
Y	WO 2017/115809 A1 (SUMITOMO(S.H.I.) CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 06 July 2017 (2017-07-06), paragraph [0038]	6
A	WO 2019/151335 A1 (SUMITOMO(S.H.I.) CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 08 August 2019 (2019-08-08), paragraphs [0143]-[0148]	1-6
A	JP 2016-89388 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.; HITACHI, LTD.) 23 May 2016 (2016-05-23), paragraphs [0044]-[0047]	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 November 2020	08 December 2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/035425

JP 2016-89559 A	23 May 2016	(Family: none)
WO 2017/115809 A1	06 July 2017	US 2018/0305902 A1 paragraph [0046] CN 108474195 A
WO 2019/151335 A1	08 August 2019	(Family: none)
JP 2016-89388 A	23 May 2016	(Family: none)

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/035425

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

E02F 3/43(2006.01)i; E02F 9/26(2006.01)i
FI: E02F9/26 A; E02F3/43 E

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

E02F3/43; E02F9/20-9/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2016-89559 A (日立建機株式会社、株式会社日立製作所) 23.05.2016 (2016-05-23) 段落[0117]-[0122]	1-3
Y	段落[0117]-[0122]	6
Y	WO 2017/115809 A1 (住友建機株式会社) 06.07.2017 (2017-07-06) 段落[0038]	6
A	WO 2019/151335 A1 (住友建機株式会社) 08.08.2019 (2019-08-08) 段落[0143]-[0148]	1-6
A	JP 2016-89388 A (日立建機株式会社、株式会社日立製作所) 23.05.2016 (2016-05-23) 段落[0044]-[0047]	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
19.11.2020	08.12.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
田島　拳士郎 2B 1134
電話番号 03-3581-1101 内線 3237

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/035425

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-89559 A	23.05.2016	（ファミリーなし）	
WO 2017/115809 A1	06.07.2017	US 2018/0305902 A1 段落[0046] CN 108474195 A	
WO 2019/151335 A1	08.08.2019	（ファミリーなし）	
JP 2016-89388 A	23.05.2016	（ファミリーなし）	